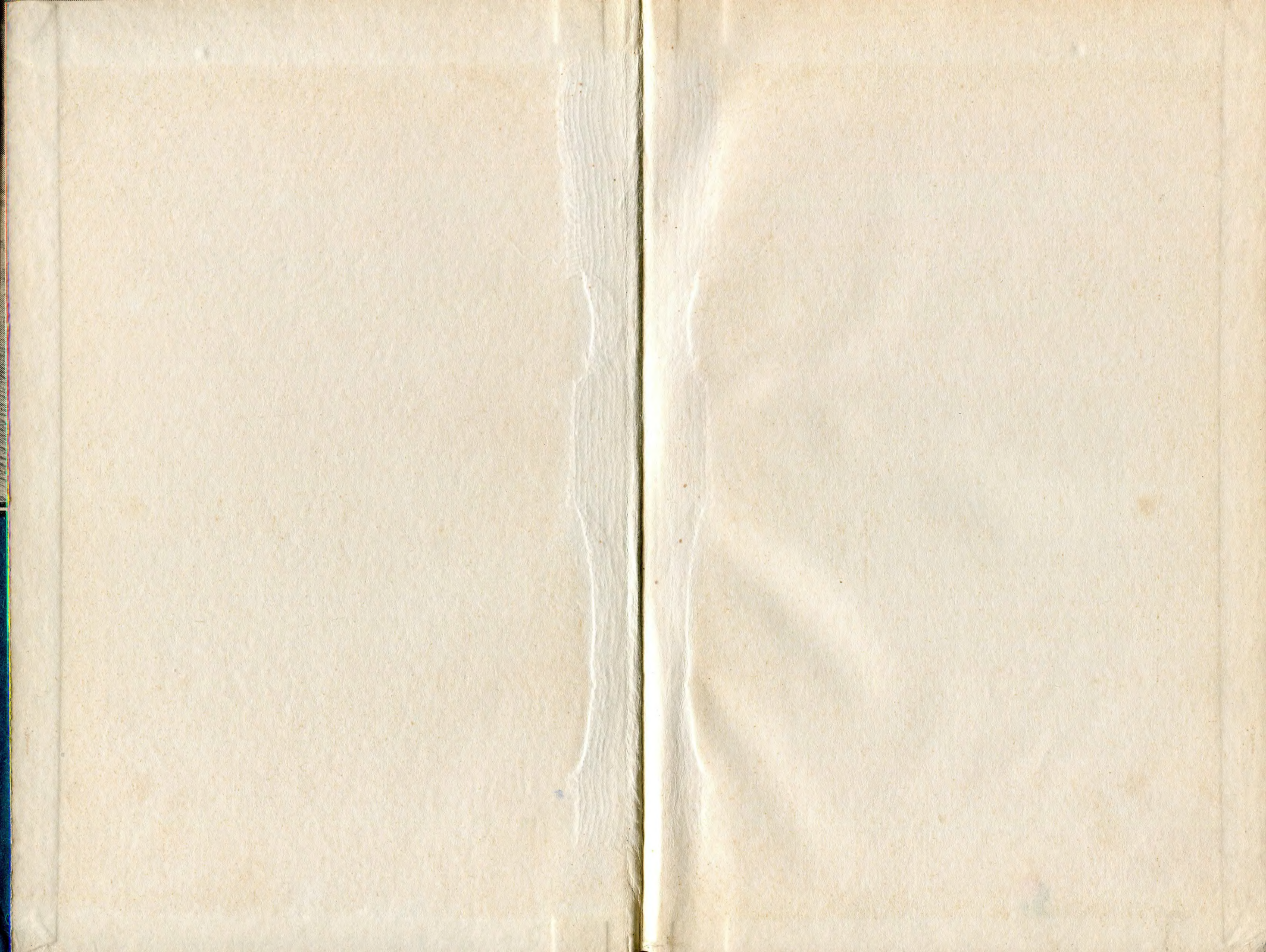


ДЖЕЙМС Л. ДАЙСОН



В МИРЕ ЛЬДА



ДЖЕЙМС Л. ДАЙСОН

В МИРЕ ЛЬДА



**ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАД • 1966**

THE WORLD OF ICE

James L. Dyson

New York, 1963

Перевод с английского

Г. Е. ЛЕВИТИНОЙ

Научный редактор

член-корр. АН СССР С. В. КАЛЕСНИК

Летом 1933 года американские ученые Битти и Харуэлл, исследуя ледник Ляйелл в Йосемитском национальном парке США, неожиданно увидели барана, смотревшего на них с противоположной стороны ледника. Ученые были поражены — они твердо знали, что в этом районе горные бараны вымерли по крайней мере 50 лет тому назад. Когда же они поняли, что это лишь хорошо сохранившийся труп барана, это произвело на них ошеломляющее впечатление. Как же он попал на ледник?

Ответ на этот вопрос влечет за собой целую цепочку новых вопросов и ответов. Как рождаются ледники, как они меняют лицо Земли, что такое древние ледники и ледники современные? Какая связь существует между ледниками и отступанием Мирового океана? Как влияет лед на климат Земли, на миграцию флоры и фауны? Почему Антарктида и Гренландия, на которые давят огромные массы льда, имеют форму блюдца? На все эти вопросы отвечает Дайсон, крупный ученый-гляциолог.

ОТ РЕДАКТОРА

Предлагаемая вниманию советских читателей книга Джеймса Дайсона «В мире льда» представляет собой очень доступное изложение основных проблем и достижений некоторых разделов современной криологии, т. е. науки о льдах. Автор рассказывает преимущественно о ледниках, но отдельные главы посвящены снежному покрову, морским льдам и вечной мерзлоте. Вместе с тем немало страниц отведено и палеогеографическим вопросам, так или иначе связанным с судьбами ледниковых покровов: колебаниям климата, изменениям уровня и очертаний озер и морей, смещениям зон растительности и вообще истории четвертичного периода в жизни Земли. Читатель познакомится также в общей форме с новейшими методами изучения ледников и абсолютной геохронологии.

Язык книги весьма простой, и некоторая трудность ее восприятия, впрочем легко преодолимая, состоит лишь в том, что книга насыщена главным образом американскими примерами.

Автор — большой знаток всего того, о чем он пишет. Рассказывая прежде всего о работах американских ученых, он с большим уважением и объективностью говорит также об успехах ученых других стран, в частности Советского Союза. Из отдельных замечаний автора, разбросанных в тексте, видно, что он — сторонник доброго содружества народов и всеобщего мира на Земле. Нельзя лишь согласиться с его представлениями о будущем человечества. В них не содержится и намека на то, что нынешнему капиталистическому строю может прийти на смену более совершенный — социалистический и коммунистический — строй. Весьма неопределенно сказано о возможном упадке и расцвете многих цивилизаций, а когда речь заходит

о конкретных последствиях борьбы будущего человечества с надвигающимися ледниками, автор допускает даже попятное движение человечества к мелкому натуральному хозяйству и кочевому образу жизни! Однако такого рода «теории» высказаны вскользь, скорее в форме вопросов, чем утверждений, и занимают в книге ничтожно малое место, не имея прямого отношения к ее содержанию.

В оригинале употребляются английские единицы длины, площади, объема и температуры. Все эти меры, если они даны в конкретном (цифровом) выражении, переведены нами для удобства советского читателя в метрические, а градусы Фаренгейта — в градусы Цельсия.

Все примечания к тексту (за исключением некоторых, особо оговоренных) принадлежат редактору перевода.

С. В. Калесник, член-корр. АН СССР

ВВЕДЕНИЕ

Весной 1910 или, может быть, 1909 года от большого ледника где-то на западном побережье Гренландии откололся огромный айсберг и медленно поплыл в море. Никто, вероятно, при этом не присутствовал, и даже точно не известно, где и когда это произошло. Несомненно только одно — что это событие действительно имело место. Куда после этого направился айсберг, мы тоже не можем с уверенностью сказать. Возможно, что, дрейфуя в течение многих месяцев в северных морях, он был вынесен Лабрадорским течением из Баффинова залива в Северную Атлантику. В ночь на 14 апреля 1912 года, проходя вдоль края Гольфстрима в 650 км южнее мыса Рейс острова Ньюфаундленд, этот айсберг (который теперь стал гораздо меньше, хотя все еще достигал гигантских размеров) пробил в правом борту «непотопляемого» громадного океанского парохода «Титаник» брешь диаметром 90 м. Четыре часа этот великолепный корабль шел ко дну. Погибло 1500 человек. Это была величайшая в истории морская катастрофа в мирное время. Мир льда дал почувствовать свою мощь — на этот раз, к сожалению, трагически, доказав, что он представляет реальную силу, с которой нужно считаться.

Мир льда во всех его проявлениях — как на континенте, так и на море — неотступно привлекает внимание человека. Только в марте 1958 года, когда английская трансантарктическая экспедиция во главе с доктором Вивианом Фуксом, пройдя около 3400 км по льду, добралась до домика Скотта, человек впервые пересек весь шестой континент. Большую часть пути, пройденного этими пионерами Антарктиды, никто до них даже и не видел. Пробури́в лед около Южного полюса, экспедиция Фукса обнаружила под ним горную цепь на такой глубине, что ни одна волнистая складочка на поверхности льда не выдавала ее присутствия. А в обширной восточной части Антарктиды, которую человек пока не пересек*, несомненно, есть и другие погребенные

* В 1956—1957 годах советские исследователи проникли со стороны станции Мирный до 78° ю. ш. (станция Восток). В 1959 году участники Четвертой советской антарктической экспедиции прошли на вездеходах от станции Восток до Южного полюса, завершив тем самым пересечение Восточной Антарктиды.

под массами льда большие горные цепи. После 1957 года, когда начался Международный геофизический год, и другими экспедициями было открыто еще несколько горных цепей, выступающих из-под льда Антарктиды. В течение многих тысячелетий эти горные хребты стояли, как немые стражи, — летом залитые светом, а зимой погруженные в темноту непроглядной ночи, скрытые от взора людского.

Ученые сделали в Антарктиде и другие важные открытия. Они обнаружили, что некоторые части этого континента лежат ниже уровня моря; было также выяснено, что обширные покрытые льдом пространства Западной Антарктиды в четыре раза больше, чем это предполагалось раньше, и что Антарктида оказывает огромное, хотя еще мало изученное, влияние на погоду и климат всего земного шара.

Почему же после открытия Антарктиды должно было пройти более ста лет, чтобы ученые смогли узнать все это?

Несмотря на величайший шторм, предпринятый учеными, мы все еще очень мало знаем об этом континенте. Объясняется это не его отдаленностью, а тем, что его тайны скрыты под сплошным покровом льда, в некоторых местах достигающим более 3 км в толщину. Если бы весь лед, покрывающий Антарктиду, растаял, уровень Мирового океана поднялся бы настолько, что, суша, на которой теперь живет большая часть населения Земли, была бы затоплена. В ледяном покрове Антарктиды и в остальных ледниках мира достаточно льда, чтобы покрыть всю поверхность суши слоем льда в 120 м, — тогда буквально весь мир стал бы ледяным.

За 10 лет до того, как англичане пробивали себе путь через Антарктиду, на противоположном конце света группа советских ученых на дрейфующей станции в Северном Ледовитом океане сделала не менее удивительные открытия. При помощи ежедневно производившихся промеров глубин на дне Арктического бассейна была обнаружена большая, ранее неизвестная горная цепь. Этот огромный рубец, названный русскими хребтом Ломоносова, ориентирован поперек Арктического бассейна и простирается более чем на 2400 км, связывая Гренландию с Новосибирскими островами. Позднее американские дрейфующие станции открыли в Арктическом бассейне громадные плато и другие формы подводного рельефа.

Хотя дрейфующие станции собрали много сведений, мы еще очень мало знаем о глубинах Северного Ледовитого океана. В арктических водах скрыты ответы на многие вопросы. Подробное изучение морских глубин само по себе требует огромных усилий; проникнуть же в тайны океана, постоянно одетого покровом льда размером в Соединенные Штаты, — невероятно трудное дело, требующее многих и многих лет работы. Чтобы получить ответы на все волнующие ученых вопросы как в отношении

Арктики, так и в отношении Антарктиды, придется преодолевать препятствия, чинимые льдом.

Царство льда не ограничивается этими областями земного шара. Лед в виде десятков тысяч ледников разбросан по высоким горным цепям во всем мире. На обширных пространствах Севера — в большой части Канады, фактически во всей гигантской Сибири и в других районах — под землей в нескольких футах*, а местами только в нескольких дюймах от поверхности залегает вечная мезрота. В ней погребены хорошо сохранившиеся останки вымерших животных, бродивших по Земле 30 тысяч лет тому назад или даже раньше.

Таким образом, большие пространства Земли постоянно покрыты льдом. Но так было не всегда. Есть доказательства, что периоды оледенения наступали приблизительно через каждые 250 миллионов лет. За последние 600 миллионов лет было только три крупных ледниковых периода — один в позднее докембрийское время, другой — в раннее пермское** и третий — в четвертичное время, которое, как говорят геологи, наступило более полумиллиона лет тому назад.

В длительные промежутки между ледниковыми периодами климат Земли был мягким и ровным. Тропические условия часто господствовали вплоть до высоких широт; рифообразующие кораллы обитали в теплых морях гораздо севернее, чем сегодня, продвигаясь иногда до широт современных Гренландии и Аляски; пальмы, древовидные папоротники, хлебные деревья и другие субтропические растения были распространены далеко на севере в течение многих миллионов лет. Даже Антарктический континент был свободен ото льда в продолжение большого отрезка истории Земли. В благоприятные периоды его покрывали густые леса.

К счастью, мы научились разгадывать многие самые волнующие тайны Земли. Поэтому мы знаем, что даже в течение последнего ледникового периода происходили крупные климатические изменения, которые на протяжении многих тысячелетий оказывали глубокое воздействие на жизнь людей на больших пространствах. Ледники много раз приходили и уходили. Всего 10 тысяч лет тому назад огромный ледниковый щит покрывал почти всю Канаду, северную часть Новой Англии и штаты США, граничащие с Великими озерами; в то же время другой ледник покрывал большую часть Северной Европы.

* 1 фут=30,5 см, 1 дюйм=2,5 см.

** Это оледенение началось еще в конце карбона, поэтому его называют также пермокарбоновым. Оно охватило Индостан и южные части Африки, Австралии и Южной Америки. В пермокарбоне ледники занимали на Земле площадь 15—20 млн. кв. км, в четвертичное время (в максимальную фазу оледенения) — до 45 млн. кв. км, а сейчас — около 16 млн. кв. км.

Когда первые фермеры в Новой Англии вырубали девственные леса, чтобы возделывать на их месте поля, им пришлось очистить почву от несметного числа валунов, принесенных когда-то огромным ледником. Когда первые английские колонисты ступили на берег мыса Код, они не подозревали, что земля здесь состоит из обломков горных пород, снесенных с нагорья Новой Англии тем же самым ледником. Через несколько недель после высадки на берег колонисты переплыли залив и на каменистом берегу материка основали город Плимут. Но только два века спустя люди узнали, что старейший город на Атлантическом побережье севернее Флориды стоит на морене (ледниковых отложениях).

Около тысячи лет тому назад Эрик Рыжий основал в Гренландии цветущую колонию, просуществовавшую несколько столетий. Почему она погибла — мы не знаем, но в местах, где отступает лед, который некогда в более холодный период нагнулся на побережье, обнаружены остатки становищ древних скандинавов.

По мере того как население Земли будет увеличиваться и люди в поисках дополнительного жизненного пространства станут все дальше проникать в области, покрытые льдом, роль последнего будет становиться все более значительной. При этом особенно важны два фактора: потенциальное воздействие ледников на уровень моря и влияние ледниковых покровов Гренландии и Антарктиды на погоду и климат Земли. Вода, образующаяся в результате таяния горных ледников, имеет огромное значение для орошения земель во многих районах мира, так как высокие горные цепи часто граничат с засушливыми и полужасушливыми областями. В этих, как и в других местах ледники повинны в таких стихийных бедствиях, как наводнения. Количество пресной воды, заключенной в ледниках, намного больше, чем количество воды во всех озерах и реках на Земле. Ледники и морены хранят тайны климатических изменений, которые на протяжении многих веков влияли на судьбы цивилизаций. А причины возникновения ледниковых периодов по-прежнему неизвестны.

Очень важно как можно больше узнать обо всех этих удивительно интересных вещах. Вот почему я написал эту книгу. По этой же причине горстка людей несет вахту на дрейфующих льдинах в суровых полярных морях. И всюду, где есть ледники, — от Антарктиды и Гренландии до Памира и Олимпийских гор в Северной Америке — ученые все глубже и глубже проникают в тайны льда и его источника — снега.

СНЕГОВЫЕ ЛИНИИ И ЛЕДНИКИ

Конечно, я не одинок, когда испытываю благоговейный трепет при виде первых снежинок, падающих на землю мягким белым дождем. Они воскрешают в моей памяти все, что я знаю об их удивительном происхождении и их влиянии на мир, в котором мы живем. Вероятно, ни одно атмосферное явление не вызывает таких противоположных чувств, как снег. Ребенку, стремительно несущемуся с горы на санках, он доставляет огромное удовольствие, а те, кому приходится очищать дороги от снега, проклинаят его на чем свет стоит. Но каковы бы ни были наши чувства, снег из года в год появляется в определенное время.

В конце августа снежный покров начинает выползать из своего летнего укрытия в Гренландии, устилая ледяные поля Полярного бассейна и Канадские арктические острова. Вместе с ним приходит конец короткому лету на расположенных в этих районах одиноких станциях Эврика, Исаксен, Резолют и других. Потом снег быстро налетает на острова Элсмир, Банкс, Викторию и Баффинову Землю, а оттуда на материковую часть Канады. С неослабевающей скоростью он пересекает Северный полярный круг и спешит на юг к северо-западным областям Арктики и Гудзонову заливу до северных лесных границ. Отсюда скорость его продвижения уменьшается, но к 1 декабря почти вся Канада уже покрыта снегом.

В то время как край этого огромного снежного покрова быстро распространяется через Канаду, меньшие по размерам изолированные снежные покровы начинают возникать далеко на юге — в горах центрального Квебека, Адирондака, в Белых горах и многих других. На некоторых отрогах Скалистых гор снежные аванпосты появляются на вершинах и начинают двигаться вниз приблизительно в то же время, когда край главного снежного покрова пересекает Северный полярный круг, а иногда даже раньше. Бывает, что им приходится несколько раз брать старт, прежде чем они окончательно устроятся на зиму.

Любопытно, что некоторые воздвигнутые человеком постройки настолько высоки, что иногда на них образуются снежные шапки. На крышах высоких городских зданий в средних широтах нередко оседают массы летящих снежинок, которые, не будь этих зданий, превратились бы в капли дождя, прежде чем достигли бы мостовой. 3 ноября 1958 года, когда в Нью-Йорке шел дождь, крыша самого высокого здания города — Эмпайр Стейт Билдинг — оказалась покрытой слоем снега толщиной 5—7 см. Может быть, и вы были среди тех, кто спешил по улицам под дождем, не подозревая, что в трехстах метрах над вами охрана на наблюдательной площадке лепила снежки.

На дальнейшем своем пути на юг от границы Канады передний край зимнего снежного покрова встречает трудности. Его продвижение часто чередуется с небольшими отступлениями, но к 1 января он обычно сливается с меньшими изолированными покровами в горах и распространяется иногда на Техас и северные районы штата Джорджия. К концу зимы тонкий снежный покров может продвинуться даже дальше на юг. К счастью для зябких южан, снег, если он и выпадает, держится у них очень недолго.

Что же происходит, когда этот тонкий снежный покров оставляет передовые позиции? Его край, называемый *сезонной снеговой линией*, просто отступает на новое место, расположенное на много миль* севернее. В конце концов он отходит на свою главную линию сопротивления: обычно он занимает ее в конце зимы. Линия эта простирается от южной части Новой Англии до Тихоокеанского побережья. Отсюда он будет продолжать вести разведку боем и в течение остатка зимы и ранней весной совершать кратковременные опустошительные набеги на юг.

Мы могли бы получить наиболее ясное представление об этой неустойчивой снежной пелене, если бы отправились в путешествие на искусственном спутнике Земли в конце зимы, когда снежный покров северного полушария доходит до своего предела и толщина снега в Новой Англии достигает 1,5 м. Нескольких оборотов вокруг нашей планеты было бы достаточно, чтобы увидеть, что снежный покров, подобно белому одеялу, окутал вершины гор. В Северной Америке между Атлантическим побережьем южной части Новой Англии и Тихоокеанским побережьем у северо-западного угла штата Вашингтон мы увидели бы три огромные складки, простирающиеся далеко на юг. Одна из них покрывает Аппалачские горы и достигает Северной Каролины и Теннесси; другая раскинулась по Скалистым горам и плато в северной части штатов Нью-Мексико и Аризона; третья спускается через Каскадные горы и Сьерра-Неваду в южную Калифорнию.

* Английская миля равна 1,6 км.

Таким же поразительным предстал бы перед нами снежный покров в Европе и Азии, хотя здесь он намного шире. Во время нашего космического путешествия он, возможно, покрывал бы Шотландию, северную половину Европейского материка, Азиатскую территорию СССР (за исключением районов, расположенных восточнее Каспийского моря), Северный Китай, Корею и Японию до центрального острова Хонсю.

В северном полушарии сезонная снеговая линия сохраняет почти неизменное положение в течение второй половины зимы. Так, в продолжение 70 дней или более снежный покров простирается до линии Чикаго—Кливленд, покрывает Аппалачские горы и Западную Виргинию. Лыжные курорты Новой Англии обычно непрерывно функционируют от 100 до 160 дней в году. В северной части штата Мичиган зимний сезон бывает не менее продолжительным. Спустя 1—2 недели после окончания лыжного сезона кромка снежного покрова в некоторых местах отходит на 320 км на север, в других районах она так же далеко отступает на юг.

В низменных областях Земли снежный покров тоже отступает и наступает в зависимости от времени года. Но в Антарктике его границу довольно трудно провести, так как единственный путь, по которому снежный покров может туда добраться, пролегает через льды открытого океана. Только в Тасмании и на узкой южной оконечности Южной Америки большие пространства суши распространяются так далеко на юг, что зимой снежная зона не достигает их. Однако высокие Анды, простираясь далеко на север, связывают множество отдельных, никогда не тающих снежных шапок в узкую цепь, доходящую до экватора.

Если бы мы снова отправились в космическое путешествие в конце апреля или начале мая, то увидели бы, что в областях, расположенных за канадской границей, край северного снежного покрова отступает и что он стал совсем рваным и разделенным на части. В то время как каждую весну основная масса снега отходит на много миль на север, задерживающиеся в горах «острова сопротивления» занимают те же районы, какие наступающие снежные аванпосты занимают осенью. Поэтому и весной и осенью каждый из этих горных районов окружен очень четкой сезонной снеговой линией.

Снеговые границы нередко наблюдаются на гораздо более низких возвышенностях в средних широтах. Многие из нас видели быстро исчезающие снеговые линии на холмах недалеко от своих домов. Если в долинах температура воздуха во время снегопада выше точки замерзания, а в горах — ниже, снег, падая, будет накапливаться только на более высоких возвышенностях, окаймляя их ясной снеговой линией. Жители долины Лонг Фингер Лейк в штате Нью-Йорк часто видят такие снеговые линии на высоте нескольких сот футов на холмах,

окаймляющих долину. На бесчисленных покрытых лесом горных кряжах в центральных районах Пенсильвании иногда наблюдается то же явление. Действительно, в местах, где выпадает снег, почти все высокие возвышенности в то или иное время имеют недолговечную снеговую линию такого рода.

Намного отчетливее и долговечнее снеговые линии на высоких горных склонах, как, например, на восточном склоне Сьерра-Невады, которая на 3000 м возвышается над почти бесснежной долиной Оуэнс. Не менее ясно снеговая линия видна на горах Сан-Бернардино и некоторых других хребтах Калифорнии, где снег служит не только для того, чтобы подчеркнуть, что южная Калифорния — страна контрастов, но и для рекламы, так как министерство торговли любит печатать цветные фотографии с изображением залитых солнцем апельсиновых рощ на фоне покрытых снегом горных вершин.

В течение большей части года Бен-Невис, высочайшая вершина в Грампианских горах в Шотландии, увенчана снегом. Резко очерченная снеговая линия часто появляется и на крутых склонах норвежских фьордов. Весной и осенью седая вершина горы Вашингтон блестит на фоне темных лесов штата Нью-Гэмпшир, словно драгоценный камень.

Четкая снеговая линия появляется также на восточных склонах гор Кэтскилл (Кэтскилльское плато). Здесь весной в продолжение многих дней и даже недель после того, как в долине Гудзона все признаки снега исчезнут, верхняя часть горного склона высотой 600 м остается покрытой снегом. Знают ли автомобилисты, мчащиеся в это время года по сквозной магистрали через штат Нью-Йорк, что, сверни они с дороги у Кингстона, через 10—15 минут перед ними предстанет ландшафт, характерный для середины зимы? Через три мили езды по Каатерскилл Клоув (глубокое горное ущелье, прорезанное Каатерскилл-Криком, падающим в него со склона) они оказались бы на вершине неровного плато, где господствует снежная зима, — и это только в 600 м над долиной, где цветут маслины и полно других признаков весны! Наши путешественники попали бы в климатические условия, которые на низменностях переместились в это время на север за долину реки Св. Лаврентия. «Снежные шапки», накрывающие горы, можно наблюдать каждую весну во многих местах в восточных областях Соединенных Штатов до северной части штата Джорджия.

Благодаря большой высоте и обильным осадкам в районе Клингманз Доум — высочайшей точки Смокинг-Маунтинз, самого большого горного хребта на востоке США — образуются огромные количества снега — 200—300 см ежегодно. Помню, какие на меня бросали скептические взгляды, когда однажды в марте я в лыжном снаряжении сидел в автобусе в Ноксвилле (штат Теннесси). Автобус доставил меня в курортный городок

Гатлинбург у западной оконечности Смокинг-Маунтинз в 65 км от Ноксвилла. Уже через час я ходил на лыжах по снегу глубиной 60 см на высоте 1500 м над долиной Теннесси. В то время как на низменностях сезонная снеговая линия отступила более чем на 800 км на север, здесь, в горах, она поднялась только на 900 м.

В некоторые годы на крутых верхних склонах горы Катадин (штат Мэн) еще 4 июля можно увидеть одну-две покрытые снегом площадки, но единственное место в восточных штатах, где немного снега еще может задержаться до середины лета, — это вечно тенистые, глубокие ущелья Белых гор. Снежная площадка в верховьях реки Туккерман, питаемая снежными обвалами, падающими с крутых отрогов, и снегом, сдуваемым с верхних частей безлесных склонов горы Вашингтон, так неохотно поддается воздействию летней температуры, что снег обычно задерживается на ней до июля, а иногда и до августа. Его исчезновение означает конец всему снегу на восточных горных цепях.

В то время как снежные площадки сопротивляются поднимающейся весенней температуре, главный снежный покров быстро отступает на север через Канаду. К 1 мая он исчезает из западных прерий, через месяц — из северного Онтарио и Квебека, а к 1 июля, прежде чем окончательно отступить на ледники Гренландии, он будет отчаянно цепляться за несколько последних опорных пунктов на островах Северного Ледовитого океана.

На последних стадиях этого неотвратимого отступления через тундру арктической Канады и Аляски множество пятен голой земли начнет усеивать покрытые снегом пространства, пока наконец весь снежный покров сам не превратится в мозаику маленьких островков. Еще до того как исчезнет снег, в нем прорывают ходы и выходят на свет лемминги, бурундуки и другие мелкие животные, которые начиная с сентября находились в состоянии спячки в своих зимних, закупоренных со всех сторон снегом жилищах. Многие из них тут же становятся жертвами поджидающих их ястребов, сов, ласок и других хищников.

В ЦАРСТВЕ ВЕЧНЫХ СНЕГОВ

В то время как на востоке, поднимаясь выше и выше, снег покидает горы, в западной части Северной Америки, в Кордильерах, происходит тот же процесс. Как бы этого ни хотело министерство торговли, увенчанные снежными шапками горы не служат фоном для апельсиновых рощ на протяжении всего года. Но в некоторых горах на западе — в Каскадной цепи и в Олимпийских горах, на многих горах в Канаде и еще больше на Аляске — поднимающийся край снежного покрова в конце

лета или осенью достигает уровня, за которым отступление снега прекращается. Эта последняя верхняя граница является *постоянной снеговой линией*. В научной литературе она известна под названием местной снеговой линии, но геологи и гляциологи часто называют ее просто снеговой линией.

Таким образом, снеговая линия представляет собой рубеж, на котором снег, гонимый в продолжение многих недель и месяцев растущей летней температурой, занимает свои окончательные позиции. Отсюда в конце лета снежный покров снова начнет спускаться с гор и с полярных областей. На следующее лето, отступая вверх и на север, край снежного покрова опять остановится приблизительно в том же месте, что и в предыдущее лето. Положение снеговой линии остается более или менее постоянным. В Антарктике она всегда находится на уровне моря или около него, в Арктике — немного выше уровня моря, а в экваториальных районах — на несколько миль выше.

В областях, расположенных над снеговой линией, за несколько лет выпадает больше снега, чем исчезает в результате таяния и испарения. Так как часть этого избыточного снега превращается в лед и, следовательно, в ледники, районы мира, лежащие над снеговой линией, являются областями зарождения ледников.

ПЕРИПЕТИИ СНЕГОВОЙ ЛИНИИ

Хотя в общем снеговая линия понижается от экватора к полюсам, наблюдается много исключений из этого правила. Есть места, где линия имеет наклон на много сотен миль в противоположном направлении, т. е. фактически понижается в сторону экватора. Высота снеговой линии может сильно изменяться вдоль одной параллели и даже от одного склона горы к другому. Это объясняется тем, что высота снеговой линии в любом месте в большой степени зависит не только от летних температур, но и от количества твердых атмосферных осадков.

Летом для Олимпийских гор характерны облачная погода и сильные снегопады, обусловленные приходящими сюда с Тихого океана насыщенными влагой ветрами. Оттого Олимпийские горы (северо-запад штата Вашингтон) имеют самую низкую снеговую линию в Соединенных Штатах к югу от Аляски — 1650—1800 м над уровнем моря. В более сухих, хотя и более холодных горах Ледникового национального парка, расположенных на той же широте, но на несколько сотен миль дальше в глубь материка, снеговая линия вдвое выше.

В горах вдоль побережья Аляски, одного из самых влажных мест всего Тихоокеанского побережья Северной Америки, снеговая линия проходит на высоте от 1350 до 1500 м над уровнем моря. Казалось бы, что в более холодных удаленных от моря

горных цепях, которые находятся на 300—500 км севернее, снеговая линия должна быть ниже. Однако вследствие того, что береговые горы преграждают доступ влаге в эти места, снеговая линия здесь в действительности на 600 м выше, т. е. даже выше, чем в Олимпийских горах.

Нигде в мире, за исключением Антарктиды, снеговая линия не лежит на уровне моря. Но на окраинах этого покрытого льдом материка высота ее значительно меняется от места к месту. Несколько свободных ото льда районов около верховьев пролива Мак-Мёрдо (78° южной широты) свидетельствуют, что даже здесь, недалеко от полюса, снеговая линия не опускается до уровня моря. Однако Литл-Америка, расположенная на краю шельфового ледника Росса, приблизительно на той же широте, находится в зоне, где снег накапливается круглый год. Выпадает его здесь, вероятно, немногим более 30 см в год, и какое-то количество приносится ветром из других мест, но тает он здесь мало. Когда в 1955 году члены антарктической экспедиции посетили станцию Литл-Америка I, они увидели, что 20-метровая радиоантенна, поставленная первой антарктической экспедицией Бэрда 26 лет назад, выступала из-под снега лишь на 3—3,5 м.

В горных районах в глубине Антарктиды снега выпадает еще меньше. Из-за постоянно дующих ветров трудно определить точное количество выпадающих за год осадков. Но в результате измерений, проводимых южной полярной станцией (станция Амундсен — Скотт) с начала открытия МГГ в 1957 году, определено, что ежегодное накопление снега составляет около 15 см. Таким образом, общее количество осадков на Южном полюсе не больше, чем в высушенных солнцем районах в глубине Австралии.

Несмотря на то что это крайне скудное ежегодное прибавление снега служит источником образования незначительного количества льда, центральная часть Антарктиды погребена под слоем льда толщиной почти 3 км. И весь этот лед образовался из снега. Конечно, на то, чтобы при таком медленном накоплении снега образовалось столько льда, потребовалось много времени. Самый старый лед в этом огромном покрове насчитывает много тысяч лет.

В том, что в Арктике снеговая линия не опускается до уровня моря, смогли убедиться полярники, работавшие на дрейфующих станциях. Летом вблизи полюса им приходилось делать отверстия во льду и отводить талую воду.

В Северном Ледовитом океане продолжительность сезона таяния сильно меняется из года в год. По сведениям, представленным персоналом военно-воздушной базы с ледяного острова, находившегося в 200 км от полюса, температура воздуха 15 мая поднялась выше нуля, а к середине августа растаял весь снег

и слои лежащего под ним льда толщиной 30—60 см. Эти сведения относятся к 1952 году. В 1957 году с дрейфующей льдины, находившейся на полпути между полюсом и мысом Барроу на Аляске, сообщили, что таяние снежного покрова началось в середине июня и что к 8 июля большая часть снега исчезла. К концу сентября толщина нового снежного покрова, который стал образовываться после 24 июля, достигла почти 20 см.

Так как в Гренландии снеговая линия всюду находится на высоте не менее 800 м, широкая периферическая зона ледникового покрова лежит ниже снеговой линии и подвергается летом интенсивному таянию. Однако, благодаря тому что снеговая линия окаймляет достаточно большую часть острова, на нем сохраняется ледниковый покров толщиной в среднем 1500 м. Он покрывает пространство, почти равное территории Соединенных Штатов, заключенное между Миссисипи и Атлантическим побережьем.

В Арктике ближе всего к Северному полюсу находится Земля Пири на крайнем севере Гренландии. Все же и здесь есть свободная ото льда территория, равная по величине территории штата Мэн*. Даже суровые зимние холода не в состоянии превратить осадки, выпадающие там в небольших количествах, в ледяной покров. По сообщениям членов датской экспедиции, побывавшей на Земле Пири в 1948-49 году, зимой там так мало снега, что на собачьих упряжках можно передвигаться лишь по замерзшим рекам, фьордам и морскому припаю. Климат здесь настолько сухой, что растительность встречается только вдоль рек и на снежных площадках. На уровне снеговой линии, на высоте около 1100 м над уровнем моря, в год выпадает меньше 2,5 см осадков. Если бы Земля Пири получала столько снега, сколько Белые горы в штате Нью-Гэмпшир, снеговая линия, несомненно, находилась бы приблизительно на уровне моря и весь район был бы покрыт толстым слоем льда.

Резкий контраст с Антарктикой и северной Гренландией составляют более влажные ледниковые районы, где снега много и снеговая линия довольно низкая. Здесь горные цепи по большей части граничат с относительно теплыми морями — источником обильных осадков, выпадающих на горы в основном в виде снега. Примером могут служить береговые горные хребты между заливом Кука, у основания полуострова Аляска, и рекой Колумбией. Северная часть этой горной цепи, Чугачские горы и горы Св. Ильи, вместе с прилегающими горами в Канаде — это область постоянных столкновений между холодным арктическим воздухом и теплым влажным воздухом, идущим с Тихого океана. Сочетание высоких гор, теплых морей, господст-

* Площадь штата Мэн 86 тыс. кв. км.

вующих ветров, дующих с моря, с полярным фронтом способствует образованию громадного количества снега, который, оседая на горах, удерживает снеговую линию на низком уровне.

На протяжении 1600 км на юг вдоль побережья такая совокупность условий остается в основном неизменной. Благодаря уравнивающему влиянию прохладного Японского течения снеговая линия поднимается от Чугачских до Олимпийских гор приблизительно на 300 м.

В некоторых пунктах этого огромного района береговых гор выпадает почти неправдоподобное количество снега. В продолжение 9 лет, когда производились измерения твердых атмосферных осадков на перевале Томпсона на участке автомобильной дороги Ричардсона, в 42 км от порта Вальдес на Аляске, в среднем в год выпадало 15 м снега. Зимой 1952-53 года на перевале выпало рекордное количество снега — 24,8 м! Эти данные, очевидно, занижены, так как измерения производились только с октября до июня. Возможно, что некоторое количество снега выпало до или после этого периода. На Аляске и в Британской Колумбии, вероятно, есть еще несколько мест, где выпадает столько же снега. Однако, несмотря на это, климат побережья вдоль подножия гор мягкий. Самые низкие известные температуры здесь соответствуют самым низким температурам в южной части штата Джорджия и в северной Флориде.

В Национальном парке Парадайс-Валлей («Райская долина») на южном склоне горы Рейнир, на высоте 1,6 км над уровнем моря и на 2700 м ниже вершины, в среднем выпадает около 15 м снега в год. Зимой 1955-56 года в этом парке выпало максимальное для Соединенных Штатов, если не для всего мира, количество снега — 25,4 м. Таким образом, перевал Томпсона и Парадайс-Валлей не уступают друг другу в соревновании за звание самых снежных мест, известных до сих пор на материке Северной Америки.

Конечно, такого глубокого слоя снега вы нигде не встретите, так как снег, как только выпадет, начинает оседать и уплотняться. Кроме того, бывают периоды, когда снег зимой тает. Но были случаи, когда наибольшая глубина снега на земле в парке Парадайс достигала почти 9 м. Несмотря на столь фантастическое количество снега, служащие Национального парка с помощью мощных снегоочистителей всю зиму содержат дорогу к парку открытой для лыжников. В помещения же, где живут служащие, и в другие постройки в течение большей части зимы и весны можно пройти только через туннели, проложенные в снегу. Случается, что до 1 июля эти туннели остаются единственным путем к домикам для туристов и к другим небольшим строениям.

Когда снежный покров очень высок, немногие, за исключением наблюдателей, осмеливаются углубиться в ненаселенную

белую пустыню в Каскадных горах и горах Сьерра-Невада. Для этих редких любителей, так же как для наблюдателей, по всему горному району разбросаны небольшие домики — приюты. Однако как можно попасть в них или хотя бы обнаружить их, если они погребены под очень глубоким слоем снега? Строители давно разрешили эту проблему. Они снабдили каждый домик высокой, вроде печной трубы, входной вышкой, или башенкой, выступающей над снегом. Снаружи и внутри башенки имеются лестницы с дверями, поставленными на различных уровнях. Благодаря этому домиками можно пользоваться независимо от глубины снега. Летом снабженный такой башенкой дом выглядит страшилищем, но зимой человеку, ищущему укрытия от ледяного ветра, он кажется спасительным островком. Здесь, глубоко под снегом, он найдет топливо и продовольствие, запасенные летом, и спокойно переждет снежную бурю.

Наблюдатели, пользующиеся этими домиками, измеряют содержание воды в снежном покрове в горах. Это очень важное дело, так как на основании данных, которые они получают, можно определить, сколько талой воды будет стекать с каждого склона во время сезона таяния. Фермер, поля которого орошаются талой водой с гор, должен заранее знать, какого количества воды можно ожидать в результате таяния снежного покрова. Кроме того, эти данные помогают предупредить о возможной опасности наводнения.

Прежде, чтобы добраться к местам наблюдения, приходилось 2—3 дня идти на лыжах. Теперь этот путь совершается гораздо быстрее при помощи специальных снеговых тракторов и вертолетов. Однако люди, пользующиеся даже такими современными средствами передвижения, должны будут уступить место электронным приборам, которые могут не только измерять содержание воды в снеге, но и автоматически передавать сведения по радио на отдаленные станции. Таким образом, дни домиков-убежищ с их башнями, по-видимому, сочтены, и, возможно, они скоро будут преданы забвению, потому что в своем стремлении одолеть силы природы человек добивается все новых и новых побед.

Не во всех горах, на которые в изобилии выпадает снег, есть снеговые линии и ледники. В горах Орегона и северной Калифорнии, в нескольких сотнях миль южнее большого ледникового пояса на Тихоокеанском побережье, имеются места, где среднее годовое количество выпадающего снега чрезвычайно высоко и где, случается, за одну зиму его выпадает столько, сколько на обледенелой горе Рейнир.

В течение многих лет в Сьерра-Неваде, примерно в 32 км к югу от озера Тахо, близ газохранилищ, принадлежавших Тихоокеанской газо-электрической компании, была станция погоды Тамарак. Хотя это место всегда отличалось сильными снегопа-

дами, зимой 1906-07 года они достигли необыкновенной величины. Когда измерили последний весенний снег, оказалось, что за сезон выпало 22,45 м снега. Был установлен новый рекорд Соединенных Штатов, который был побит только через 49 лет, зимой 1955-56 года.

Каждую зиму, с тех пор как в Тамараке была открыта станция, она на протяжении многих недель, иногда даже до семи месяцев, была занесена снегом. Однако можно поручиться, что работнику станции, проводившему измерения снежного покрова, в эти длинные периоды изоляции не было скучно.

Тамарак был свидетелем многих зим, подобных зиме 1906-07 года. Хотя эта станция была закрыта в 1948 году, она все еще удерживает мировой рекорд по количеству снега, выпадающего за один календарный месяц: 9,9 м за январь 1911 года. 9 марта того же года высота снега на почве составляла 11,53 м. Это была наибольшая высота снежного покрова, когда-либо измеренная в мире.

В нескольких милях севернее озера Тахо, в этом же уникальном снеговом поясе, находится известный перевал Доннера — высочайшая точка в длинном узком ущелье, по которому, извиваясь, проходят через гребень Сьерра-Невады автомобильная дорога № 40 и главная магистраль Южной тихоокеанской железной дороги.

В начале ноября 1846 года фургоны переселенцев из Иллинойса во главе с Джорджем Доннером застряли в глубоком снегу к востоку от перевала. Неделя за неделей снежные бури наносили все больше и больше снега, запасы продовольствия уменьшались, а затем совсем истощились. Испытания, выпавшие на долю этих несчастных людей, боровшихся со снегом, холодом и голодом, — одна из самых трагических страниц в анналах американской истории. В отчаянных усилиях как-то продержаться самим и защитить от голодной смерти своих детей они в конце концов были вынуждены есть трупы умерших. В марте после нескольких попыток спасательная партия наконец добралась до этих людей. Казалось почти чудом, что за зиму погибло только 36 из всей группы в 79 человек.

Сегодня перевал Доннера непохож на тот, каким он был во времена первых переселенцев. Хотя держать перевал открытым для движения в течение всей зимы — дело, требующее непрерывного тяжелого труда и больших затрат, обе дороги, и автомобильная № 40 и железная, редко бывают закрыты больше чем на несколько часов подряд. Все же путешественникам подчас приходится испытывать волнения.

Утром 13 января 1952 года дизельный поезд «Сити оф Сан-Франциско», принадлежавший Южной тихоокеанской железной дороге, направлялся из Чикаго на запад. Выйдя из Траки на восточной стороне перевала Доннера, он начал свой длительный

подъем к седловине, от которой его отделяло около 23 км. Поезд шел медленно, прокладывая путь через клубы снега, вокруг Хоршу-Бенд, мимо озера, где нашли свою смерть 36 человек из группы Джорджа Доннера. Оставшиеся 6,5 км до перевала поезд прошел под прикрытием туннелей и навесов от снега. Затем начался долгий спуск по западной стороне хребта, по направлению к Великой долине. Ревя дизелями, поезд медленно тянулся, с трудом преодолевая сопротивление снежных заносов.

Это была необычная буря. Дизели протащили 17 вагонов еще 14,5 км через быстро растущий покров снега, затем поезд уткнулся в огромный сугроб и, вздрогнув, остановился, а дизели продолжали реветь, не желая повиноваться буре. «Сити оф Сан-Франциско» прочно застрял в снегу.

Буря продолжала бушевать. Она блокировала железную дорогу и автомобильное шоссе № 40, и впервые с тех пор, как стали пользоваться современными снегоочистительными машинами, все дороги через Сьерра-Неваду были закрыты в одно время.

Земля покрылась снегом высотой в несколько футов, буря усиливалась, и персоналу, обслуживающему поезд, и пассажирам ничего не оставалось делать, как, не выходя из вагонов, ждать спасения. 16 января снегоочистители дорожного отдела штата Калифорния пробились к поезду, освободив пассажиров из заключения.

За время этой бури на горы Сьерра-Невада было нанесено 274 см снега — наибольшее количество, где-либо выпадавшее за 4 дня. В разгар бури за одни сутки выпало 213 см снега.

Бури такой силы в северной части Сьерра-Невады бывают не каждый год, но в редкую зиму на самые высокие части западного склона не выпадает 9 м снега или более. И, несмотря на это, ледников здесь нет. Даже при самом сильном снегопаде снеговая линия не опускается до подножия гор. Высокая температура и сухость в летние месяцы нейтрализуют влияние обильных снегопадов. Если бы прохладное, туманное, сырое лето, характерное для Олимпийских гор, распространилось до района Сьерра-Невады, здесь было бы много ледников.

К югу от штатов Вашингтон и Орегон по направлению к горе Шаста в северной Калифорнии, по мере того как происходит быстрый подъем снеговой линии к югу, количество покрытых ледниками вершин заметно уменьшается. На протяжении 725 км между Олимпийскими горами и горой Шаста снеговая линия поднимается почти на 2400 м. Находясь на горе Шаста на высоте 4050 м, снеговая линия поднимается на 4800—5000 м в Центральной Мексике, где она пересекает три самых высоких в этой стране вулкана с труднопроизносимыми индейскими названиями Ситлалтепетл (Орисаба), Попокатепетл и Икстакси-хуатл.

Самую высокую снеговую линию в мире — 6300 м над уровнем моря или больше — имеют Анды*, однако не там, где они пересекают экватор, а в очень сухой зоне, в 1900—2400 км к югу от экватора. К такой же высоте приближаются снеговые линии в Каракоруме и других высоких горах сухой части Азии севернее Гималаев и Гиндукуша. Хотя снеговая линия в Гималаях и Каракоруме лежит на высоте 5400—6000 м, многие вершины выступают на 1500—2400 м над ней, и огромные снежные обвалы, обрушиваясь с верхних частей склонов, накапливаются в верховьях долин и питают многие сотни больших долинных ледников.

НЕТРОНУТЫЕ ВЛАДЕНИЯ СНЕГА

Где бы ни находились районы, лежащие над снеговой линией, — в горах или в долинах, они являются единственными ненаселенными районами Земли. Кроме сравнительно недавно созданных научных станций, которые вряд ли можно рассматривать как поселения в обычном смысле слова, здесь нет ни одного постоянного человеческого жилья. Однако эти районы составляют почти 10% всей суши. Человек расширил свое жизненное пространство, заселив даже пустыни и склоны действующих вулканов. Во всех этих местах он изменил лицо Земли и заставил природу подчиниться его воле. Он раскинул свои города в долинах и горах, соединив их при помощи стали, асфальта и бетона. Плугом и топором, стадами овец и рогатого скота он даже попытался, и довольно успешно, свести на нет средства к существованию, которыми снабжает его Земля. А мир над снеговой линией до сих пор остается нетронутым. Человек еще не покорил его, хотя и пытается это сделать.

Несмотря, однако, на то, что благодаря все более расширяющимся горизонтам науки могущество человека непрерывно увеличивается, мы еще долго будем зависеть от милостей природы, так как повсюду над нами она держит в своей власти лед. У нее может появиться прихоть медленно спустить его на нас, увеличивая необитаемые пространства и уничтожая заодно многие творения, созданные человеком. Или поднять его выше, как, по-видимому, она и делает это в настоящий, быстротечный по сравнению с ее долгой жизнью момент, предоставляя человеку еще одну благоприятную возможность продолжать свое наступление на сушу.

* Это неточно, так как в Тибете есть горные вершины, достигающие более 7000 м высоты и все же не покрытые вечными снегами.

РОЖДЕНИЕ ЛЕДНИКА

По сравнению с остальными чертами рельефа Земли ледники, за исключением ледников Антарктиды, просто младенцы. Мы знаем, что некоторые ледники возникли 200—300 лет, а многие другие 3000—4000 лет тому назад. Некоторые, если такие есть, могут быть старше нескольких сотен тысяч лет. Там, где сочетание местных условий благоприятствует их появлению, ледники рождаются и сегодня.

Как возникает ледник? Присутствовал ли кто-нибудь когда-либо при рождении ледника? Сколько нужно снега, чтобы создать ледник?

Единственное условие, необходимое для образования ледника, состоит в том, чтобы после каждого сезона таяния получился избыток снега, независимо от того, выпало ли его 6 мм или 60 см. Если в течение многих лет будут существовать эти условия, ледники образуются. Там, где снегопад слабый, может потребоваться 100 лет или более, чтобы скопилось количество снега, достаточное для возникновения ледника. Там, где снегопады обильные и ежегодный избыток снега велик, массы снега могут превратиться в ледник за 10 лет. Однажды возникнув, ледник просуществует до тех пор, пока его истоки будут лежать над снеговой линией.

Два ледника, о которых определенно известно, что они образовались за последние несколько десятилетий, лежат на вулкане. Как это ни парадоксально, они обязаны своим рождением разрушению вулкана, а не его росту. До июня 1912 года гора Катмай, расположенная в необитаемой части полуострова Аляска, была большим вулканом. С его закованной в лед вершины стекало несколько ледников, некоторые длиной 10 км. В начале июня 1912 года мощный взрыв потряс вулкан, и за несколько дней огненные извержения засыпали гору и окружающую местность толстым слоем дымящегося пепла и пыли. Первые люди, рискнувшие проникнуть сюда после катастрофы, увидели, что на вершине зиял кратер с почти вертикальными стенками, местами высотой до 700 м. Извержение обезглавило все ледники,

образовавшиеся некогда на вершине, лишив их источников питания.

Часть стенок вновь возникшего кратера осталась над снеговой линией. Здесь, на уступах, созданных оползнями, родились два небольших ледника. Когда именно — определенно нельзя сказать, но, по мнению геологов из Геологического комитета США, это случилось, вероятно, между 1923 и 1930 годами. Эти два маленьких ледника продолжали расти, в то время как множество других сокращалось. За 30 лет они превратились в огромные массы льда толщиной в несколько сот футов. Один из них достиг почти 1,5 км в длину. Эти два ледника — самые молодые из всех ледников мира.

Еще прежде чем человек начал записывать свои наблюдения и мысли, другие вулканы, покрытые ледниками, претерпели судьбу, схожую с судьбой Катмай. Высокие стенки, окружающие озеро Кратер в штате Орегон, хранят запись рождения и смерти многих поколений ледников. Первая отметка относится к началу плейстоцена (500 тысяч лет тому назад или более), когда на широком лавовом плато образовалось множество вулканов, позже превратившихся в Каскадные горы. Некоторые из них продолжали с перерывами расти на протяжении веков, извергая лаву и пепел. В конце концов они превратились в покрытые ледниками вершины, которые теперь хорошо известны. Это Рейнир, Шаста, Адамс, Бэйкер, Худ, Сент-Хеленс и другие.

На одном из этих вулканов, позже названном горой Мазама, уже в ранний период его существования стали формироваться ледники. По мнению профессора Хайэла Уильямса, потратившего много времени на разгадку тайны горы Мазама, на ней уже были первые ледники, когда она достигла 2700 м в высоту — на 1600 м ниже, чем гора Рейнер в настоящее время, и на 600—900 м ниже современной снеговой линии. Таким образом мы узнали, что климат в те далекие времена был холоднее, чем теперь. На протяжении тысячелетий история горы была историей попеременных периодов извержений и оледенений. Лава, горячие газы и другие вулканические продукты уничтожали ледники. Позже, в периоды покоя, они возрождались на новой поверхности, и гора на некоторое время опять венчалась льдом и снегом. Такая последовательность событий повторялась неоднократно. Наконец вершина достигла высоты 3600—4200 м и стала одним из самых больших вулканов Каскадного хребта. Некоторые ледники, вытекающие из ледяных полей этого великолепного пика, имели 300 м в толщину и 15 км и более в длину. Эта система ледниковых потоков была обширнее, чем на горе Рейнир.

А затем, около 6 тысяч лет тому назад, вслед за рядом извержений вершина горы рухнула или взорвалась, образовав большой кратер с поперечником 8—10 км и глубиной 1200 м.

Катаклизм, свидетелями которого могли быть только первобытные люди, чьи возможные показания погребены под пеплом и лавой, уничтожил вершину горы Мазама и все ее ледники. На развалинах горы, самые высокие части которой теперь оказались значительно ниже снеговой линии, ледники больше не могли возродиться.

Свидетели подобного интересного превращения, если они и были, не владели письменностью, поэтому мы должны полагаться на данные, которые дают нам геологи. Природа начертала несмываемые записи на стенках кратера и на всем, что его окружало. Перемежающиеся слои ледниковых и вулканических отложений в скалах, господствующих над озером, рассказывают, как ледники жили, как извержения вулкана уничтожали их и как они снова оживали. А запись, оставленная последними большими потоками льда, — вырезанные на скале вулкана глубокие долины и отложения, окаймляющие их края на много километров дальше основания вершины, — убедительно свидетельствует о том, что прежде гора Мазама вздымалась высоко над поверхностью озера.

Некоторые события, происшедшие на горе Мазама, повторились и на Катмаи. Ученые, со времени большого извержения 1912 года побывавшие на горе много раз, видели покрытые пеплом остатки обезглавленных ледников, и, хотя они не могут точно сказать, когда родились новые ледники, они наблюдали, как, выходя из зачаточной стадии, ледники росли и становились активнее.

Последовательность событий внутри кратера Катмаи, вероятно, такова: вскоре после разрушения горы, когда поверхность достаточно остыла, чтобы дать снегу скопиться, за зиму на выступе кратера образовался снежный сугроб. На следующее лето растаяла только часть сугроба, так как он находился выше снеговой границы. Зимой остатки сугроба покрылись новым снегом. Часть его затем растаяла и испарилась. Этот процесс повторялся из года в год, в результате чего образовался очень большой и глубокий сугроб. Если бы, скажем, лет через 10—12 гляциолог прорубил в нем туннель, он обнаружил бы ясно выраженную слоистую структуру. Изучив тонкие темные пленки «грязи», отделяющие один слой фирна от другого (фирн — компактный крупнозернистый снег старше одного года), гляциолог мог бы сказать, в каком году образовался каждый слой. Материал между слоями фирна состоит из пепла и других мелких вулканических продуктов, нанесенных в течение лета на поверхность снега.

Время шло, и под давлением выше лежащих слоев фирн все более уплотнялся, вытесняя находившийся между его зернами воздух. Вследствие вторичного замерзания просочившейся вглубь воды, образовавшейся в результате поверхностного тая-

ния и таяния в местах соприкосновения зерен, фирн постепенно превращался в лед. Спустя лет десять, когда фирн достиг толщины 45—60 м, нижние его слои превратились в кристаллический лед. Ледниковый лед выглядит почти как плотный фирн, лежащий непосредственно над ним, но отличается от фирна тем, что он непроницаем для воздуха. Под своей собственной тяжестью и весом лежащего сверху фирна лед стал пластичным и начал течь — верный признак того, что родился ледник.

По мере того как с каждым последующим годом новый слой фирна увеличивал давление на ледник, передняя его часть медленно сползала к озеру, которое образовалось на дне кратера.

Так как прослойки пыли и грязи, отделяющие годовичные слои снега, заметно не изменяются, когда снег превращается в фирн и, в конце концов, в лед, они сохраняются в течение многих лет. В расселинах темные пленки, отделяя один слой фирна или льда от другого, придают леднику вид слоеного пирога. На поверхности же они выглядят как узкие прожилки, отчего лед кажется полосатым.

Когда эти слои движутся дальше вместе с ледником, они изгибаются, меняют форму и могут совсем пропасть. Иногда их затемняют другие структуры, образующиеся в текущем льду. Не все ледники расположены настолько близко от вулканов, чтобы получить вулканическую пыль или пепел для маркировки своих годовичных слоев. Но обыкновенная пыль — материал вездесущий, и в летние месяцы фирновые поля большинства горных ледников мира получают ее в достаточном количестве для образования видимой пленки. Кроме мелких частиц пород и минералов, пленки могут содержать пыльцу, насекомых и крохотные кусочки растений. Эти частицы хранят тайны погоды и климата прошлых лет; исследуемые под микроскопом, они могут рассказать человеку о таких событиях, о которых природа не оставила никаких других «записей».

Даже на чистой на глаз поверхности ледникового покрова Гренландии тоже есть пыль. В образцах фирна ученые обнаружили слои 1912 года, которые они узнали по прослойке тончайшей вулканической пыли, проделавшей вместе с ветром путь в 3200 км через Канаду после большого извержения Катмаи.

Несомненно, что в глубине канадских Скалистых гор можно найти грязевые полосы, содержащие маленькие кусочки обугленных деревьев и коры, разносимые потоком теплого воздуха во время огромных лесных пожаров, которые в этом районе бывают очень часто. Где-нибудь внутри почти всех ледников южной части канадских Скалистых гор и ледников в Ледниковом Национальном парке в штате Монтана погребен слой пыли, свидетельствующей о катастрофическом лете 1910 года, когда ничем не сдерживаемые пожары бушевали на огромных пространствах девственных лесов в штатах Айдахо и Монтана и в канадских

провинциях — Британской Колумбии и Альберте, окутывая все северо-западное побережье Тихого океана пеленой дыма.

Теперь, после того как мы кратко ознакомились с историей ледников Катмаи, что можно сказать об их будущем? Будут ли они расти, как в прошлом? Благодаря ежегодному избытку снега в настоящее время они продолжают увеличиваться и будут расти до тех пор, пока ежегодный приход будет превышать потери льда в результате таяния и испарения.

Пока климат не изменится, величина ледников останется постоянной. Если климат потеплеет, хотя бы и в очень незначительной степени, снеговая линия поднимется и ледники станут укорачиваться, пока снова не будет достигнуто равновесие. Если снеговая линия опустится, ледники опять удлинятся.

История рождения и развития ледников Катмаи приобретает особенное значение и вызывает большой интерес потому, что она повторяет историю рождения и раннего развития почти всех ледников Земли. К тому же возникновение ледников в будущем — независимо от того, явится ли это результатом роста или разрушения вулканов, подъема горных хребтов или снижения снеговой линии — будет происходить так же, как шло образование ледников в глубоком кратере вулкана Катмаи.

КАК КЛАССИФИЦИРУЮТ ЛЕДНИКИ?

Человек, знакомство которого со льдом ограничивается в основном катком и кусочком льда, положенного в бокал виски с содовой водой, вероятно, удивится, узнав, что одни ледники холоднее других. Действительно, на некоторых ледниках температура льда почти равна точке таяния. Такие ледники называют *теплыми*, или *умеренными*. Другие ледники, у которых температура всегда ниже точки таяния, называются *холодными*, или *полярными*. Ледник, исток которого находится на высоком горном хребте, высоко над снеговой линией, а его конец — намного ниже, в более мягкой климатической зоне, может быть полярным в своей верхней части и умеренным — в нижней. Так как температурные условия в недрах ледников мало изучены, гляциологи не пришли еще к полному единодушию относительно термической классификации ледников.

Однако по форме все ледники можно разделить на два класса: *материковый лед*, или *ледниковые покровы*, и *долинные ледники*. К материковым льдам относятся покровы Гренландии, Антарктиды и большое число меньших покровов, из которых самые крупные находятся на островах Северного Ледовитого океана — Исландия, Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля — и ряде островов Канадского архипелага*. Ледни-

* Сюда надо добавить и Северную Землю, площадь отдельных ледяных куполов которой достигает 5000 кв. км.

ковый покров Новой Земли имеет 320 км в длину, а покровы шести или семи других островов больше по величине, чем штат Коннектикут*, хотя по сравнению с ледниковыми щитами Гренландии или Антарктиды их размеры незначительны. Есть небольшие ледниковые покровы и на некоторых горах в более низких широтах, главным образом в Норвегии и южной Аляске. Меньшие по размерам ледниковые покровы, а иногда и щиты, покрывающие Гренландию и Антарктиду, называются ледяными, или ледниковыми, шапками.

Все материковые ледники независимо от их величины, питаются исключительно выпадающим на них снегом. Многие из них лежат на равнинах и плато. В этом случае лед под тяжестью своего собственного веса радиально растекается во все стороны, подобно взбитому тесту на противне. Если лед толстый, он может двигаться на большие расстояния как вверх, так и вниз. Покров Антарктиды иногда течет над несколькими горными хребтами. Но во всех случаях растекание льда происходит от центра к краям покрова, даже в том случае, если в некоторых местах рельеф покрываемой суши имеет наклон в противоположном направлении.

Края ледяных покровов, слишком тонкие, чтобы покрыть горы, могут течь через и вокруг них; при этом высочайшие пики выдаются над морем льда, как скалистые острова (*нунатаки*)**. Некоторые горные цепи могут даже блокировать поток льда и помешать его дальнейшему распространению.

Лед Гренландии и Антарктиды, который только частично блокирован горами, вытекает из обширных внутренних пространств этих областей в виде длинных узких языков, спускающихся через горные проходы. Эти языки льда не являются самостоятельными ледниками, а зависят от ледникового покрова, хотя и принадлежат к типу долинных ледников. Ледниковые языки, отходящие от некоторых меньших по величине ледниковых покровов, не граничащих с горами, просто текут по долинам, спускаясь с плато, на котором находятся истоки ледника***.

Некоторые ледниковые языки в Антарктиде являются величайшими в мире потоками льда. Есть такие, которые достигают более 160 км в длину и 25 км или более в ширину. Ледник Ламберт, вливающийся в шельфовый ледник Эймери, расположенный у берега обращенной к Индийскому океану части континента, как сообщают, имеет 320 км в длину****.

* Площадь штата около 13 000 кв. км.

** Нунатак по-эскимосски значит «одинокая вершина».

*** Ледниковым языком называют обычно не весь долинный ледник, а только часть его, лежащую ниже фирновой линии. Потоки льда, похожие на долинные ледники, но вытекающие из ледниковых щитов, сейчас чаще всего называют выводными ледниками.

**** По другим данным — около 450 км.

Истоки большинства долинных ледников не связаны с ледниковыми покровами: они лежат над снеговой линией в верховьях высокогорных долин. Основным источником их питания являются не снегопады непосредственно, а скорее снежные обвалы с крутых склонов. В отличие от ледниковых языков, их часто называют горными ледниками. Горный ледник, питаемый огромным количеством снега, может продвигаться вниз по долине на десятки футов ниже снеговой линии. На пути к нему может присоединиться несколько притоков — в результате получается ветвистый древовидный ледник, точно повторяющий своим рисунком систему долин, которые он занимает. Все долинные ледники движутся только в одном направлении — вниз по долинам — и этим отличаются от материковых льдов.

Некоторые долинные ледники выползают из гор на равнины и, растекаясь широкими плоскими массами, образуют у подножия горной области предгорные ледники. На узкой прибрежной равнине в юго-восточной части Аляски есть предгорный ледник Маляспина, почти равный по величине штату Род-Айленд*. Он возник при слиянии нескольких соседних ледников, образовавших одно громадное ледяное поле.

Предгорные ледники, будучи ледниковыми покровами, отличаются от собственно материковых ледников своим происхождением. В предгорном леднике лед совсем не образуется или образуется в небольших количествах. Лед вливается в него из долинных ледников, и он будет существовать до тех пор, пока существует этот источник питания.

Если бы климат стал благоприятнее для роста ледников, некоторые предгорные ледники, расширяясь, слились бы с другими, образовав, таким образом, огромные ледниковые покровы. Последние в конце концов достигли бы такой величины, что смогли бы получать свое питание непосредственно от снегопадов, а затем похоронить под собой горы, которые произвели их на свет. Ледниковые покровы Гренландии и Антарктиды, возможно, возникли именно таким путем.

Ледяное поле — термин, которым часто пользуются довольно свободно. Иногда так называют горные ледниковые шапки.

Снеговое поле — термин, имеющий еще более туманное значение. Вообще так называют большое пятно снега, остающееся из года в год, но не достигающее достаточной толщины, чтобы превратиться в лед и стать ледником.** Иногда этим термином обозначают фирновую область горных ледников.

* Это преувеличение: площадь Маляспина 2000 кв. км, площадь Род-Айленда 3200 кв. км.

** Советские гляциологи называют такие образования снежниками.

ЛЕДНИКИ В ДВИЖЕНИИ

Летом 1933 года М. Е. Битти и С. А. Харуэлл, исследуя ледник Ляйелл высоко на склонах горы Ляйелл в Йосемитском национальном парке, были поражены, увидев барана, смотревшего на них с другой стороны ледника. Так как в этом районе горные бараны вымерли по крайней мере 50 лет назад, ученые поняли, что перед ними не живой баран, а хорошо сохранившийся его труп. Это открытие произвело на них ошеломляющее впечатление. Как же баран попал на ледник? Животное, конечно, встретило свою смерть за много лет до того, как его обнаружили, и сохранилось потому, что было погребено внутри ледника. Когда баран был найден, две его ноги все еще оставались вмерзшими в лед; легко можно было предположить, что тело его обнажилось только недавно в результате таяния. Мясо и кости барана были сухими и твердыми. Шея животного была сломана, но все другие кости оказались целыми. По-видимому, баран упал в расселину у верховьев ледника или был сброшен туда снежным обвалом, а затем заморозился во льду. В содержимом желудка барана ученые опознали 10 видов растений. Семена их были совершенно спелыми, и это указывало на то, что животное погибло в конце лета: конец лета — единственное время года, когда расселины в верховьях ледника открыты.

Хотя никто не знает, когда баран погиб и насколько далеко он был отнесен льдом, очевидно, что он пролежал замурованным во льду не менее 50 лет. Основываясь на скорости движения льда, ученые высчитали, что леднику потребовалось бы 250 лет, чтобы перенести барана с верховьев ледника, где, вероятнее всего, его настигла смерть, до конца ледника, где он был найден. Эта интересная находка, которая теперь выставлена в Йосемитском музее, дала, кстати, возможность впервые изучить целый скелет горного барана, некогда водившегося в районе Йосемитского ущелья в горах Сьерра-Невада, так как это животное было истреблено там до того, как ученым удалось раздобыть хотя бы один экземпляр.

На многих меньших по размерам горных ледниках, подобных тому, на котором найден труп барана, можно проследить все напластования, начиная от фирновой области до конца ледника, если, конечно, во время продвижения на большое расстояние слои льда не очень сместились. Некоторые маленькие ледники, от 0,8 до 1,6 км в длину, имеют до 400 годовых слоев, рассказывающих нам одновременно о возрасте каждого слоя льда и о том, сколько времени лед передвигался, находясь внутри ледника.

Еще более удивительным образом, чем ледник Ляйелл, иллюстрирует движение ледника ледник Боссон на склонах Монблана около Шамони. В августе 1820 года группа альпинистов, приближавшаяся к вершине горы, находясь в фирновой области ледника, попала в снежный обвал, который увлек их за собой по склону. Три проводника — Пьер Карье, Пьер Бальма и Август Бейрра — попали в глубокую расселину и там были засыпаны. Через 43 года части их тел, одежды и снаряжения, пролежав все это время во льду, появились на конце ледника. За 43 года они продвинулись почти на 3 км, т. е. перемещались со средней скоростью около 75 м в год.

Когда произошел этот несчастный случай, ученые почти ничего еще не знали о скорости движения ледников, но около 1840 года профессор Д. Форбс вместе с Луи Агассицем и Джоном Тиндалем стали производить систематические измерения движения ледника в Альпах. На основании этих исследований Форбс предсказал, что погибшие проводники появятся в конце ледника Боссон через 35—40 лет после их гибели в фирне. Время подтвердило точность его предсказания.

Агассиц и его современники устанавливали поперек ледника ряд вех, чтобы доказать, что, хотя лед движется медленнее, чем вода, законы движения льда в леднике очень близки к законам движения воды в реках: наибольшей скорости оно достигает в осевой части, в то время как по краям ледника скорость уменьшается. Прямая линия вех вскоре обращалась в кривую, выгнутую в сторону движения ледника, т. е. вниз по течению. Эксперименты, которые много раз проводились после Агассица и Тиндаля, подтвердили эту особенность движения ледника: середина ледника движется быстрее его боковых частей.

В последние годы, просверливая вертикальные скважины в ледниках и измеряя прогиб труб, вставленных в эти отверстия, гляциологи нашли, что, чем глубже от поверхности лежит лед, тем медленнее он течет. Лед, находящийся в придонной части ледника, как и боковой лед, движется с наименьшей скоростью.

Хотя толщина льда — не единственный фактор, влияющий на скорость течения ледника, долинны ледники, вырастая и становясь толще, обычно начинают течь быстрее. Лед самых боль-

ших ледников в Альпах (длиной 12—25 км) движется со скоростью почти 30 см в день. Некоторые ледники Аляски, по размерам намного превосходящие альпийские, могут двигаться со скоростью нескольких футов в день. В южной части ледникового покрова Гренландии есть ледниковые языки, которые протискиваются через горные проходы со скоростью более 30 м в сутки.

Иногда скорость медленнодвигающегося ледника на короткое время внезапно резко увеличивается. Многие, вероятно, помнят, как в продолжение нескольких недель в конце зимы 1936-37 года с заголовков больших газет мира не сходило название ледника Блэк Рэпидз в Аляскинской горной цепи, лежащего приблизительно в 210 км южнее города Фэрбенкса. 12 февраля 1937 года «Нью-Йорк Таймс» оповестила: «Ледник снова вырвался на свободу, гостинице на Аляске угрожает опасность». 16 февраля: «Мощный Блэк Рэпидз на Аляске, сползая по долине, сбрасывает тонны льда со своей поверхности». И в номере за 23 февраля газета писала на первой странице: «Ледник Блэк Рэпидз устанавливает рекорд скорости; специалисты считают, что скорость ледника достигает 220 футов в день».

Многие годы до сентября 1936 года лед в нижней части ледника Блэк Рэпидз двигался слишком медленно, чтобы уравнивать потери льда. С каждым годом льда таяло и испарялось больше, чем его прибавлялось в результате превращения снега в лед; следовательно, размеры ледника все время уменьшались. Но с сентября 1936 года по февраль 1937 года конец ледника продвинулся почти на 6,5 км, угрожая перерезать шоссе Ричардсона — в то время единственную сухопутную дорогу, связывавшую Фэрбенкс с внешним миром.

Необычное поведение ледника, возможно, прошло бы незамеченным, если бы зимой 1936-37 года в Рэпидз Роудхауз, в охотничьем домике на шоссе Ричардсона, недалеко от ледника Блэк Рэпидз и непосредственно на его пути, не поселилась семья Х. Е. Ревелл. В течение нескольких недель в начале зимы обитатели домика слышали грохот, доносившийся со стороны ледника. Так как с того места, где находился домик, ледник не был виден, а шум сопровождался дрожанием почвы, они решили, что происходит землетрясение. Но 3 декабря, рассматривая в полевой бинокль ледниковую долину, миссис Ревелл с изумлением увидела на расстоянии около 10 км беспорядочную массу ледяных глыб. Наблюдая, как со дня на день стена льда становилась все выше, Ревеллы поняли, что ледник быстро надвигается на них. Глыбы льда подбрасывало, и многие из них, постепенно наклоняясь, опрокидывались и падали, рассыпаясь на мелкие кусочки и превращаясь в снежную пыль. От грохота и сотрясений почвы в домике дребезжали стекла. Благодаря

сообщению, посланному миссис Ревелл на станцию службы погоды в Фэрбенксе, ничем не примечательный ранее ледник попал в заголовки газет и стал известен миллионам людей.

Несколько месяцев семья Ревелл наблюдала, как сокращается расстояние между потоком льда и их домом. К счастью, ледник остановился в 800 м от дороги и дома. Если бы он продолжал двигаться дальше по главной долине, по которой проложено шоссе и течет река Дельта, это вызвало бы другие серьезные события. Во-первых, продвигающаяся масса льда шириной 1,5 км погрузилась бы в реку, прочно перегородив ее ледяной плотиной высотой 60—90 м. Затем огромный ледниковый язык высунулся бы на дорогу. Медленно, но непреодолимо он продвигался бы вперед, сопровождаемый грохотом падающих огромных глыб льда, отколовшихся от крутой передней стенки ледника. Деревья, окаймляющие дорогу, лед валил бы, словно спички, и переламывал на кусочки. Сама дорога на протяжении 1,5—3 км была бы уничтожена. Вода, поднявшаяся за ледяной плотиной, образовала бы озеро и затопила бы еще несколько километров дороги.

Случись это, пришлось бы отвести дорогу на крутой склон горы. Эксплуатация дорог в Аляскинской горной цепи — довольно опасное дело, даже когда они в наилучшем состоянии, и, кроме того, их очень трудно поддерживать из-за угрозы оползней, вызываемых весенним оттаиванием глубоко промерзшей почвы. Провести же дорогу через ледник было бы невозможно, по крайней мере пока он быстро двигался, вследствие перемещения глыб льда на его поверхности.

В течение 6 месяцев бурной деятельности Блэк Рэпидз фронт его в среднем продвигался со скоростью 35, а иногда и более 60 м в сутки. К концу года ледник стал двигаться медленнее, затем остановился и начал снова отступать.

Хотя этот «бросок» ледника Блэк Рэпидз получил широкую известность, вероятно, это событие не было чем-то исключительным в истории ледника. Подобное, хотя и менее драматичное, продвижение произошло в самом конце 1911 года. Известны и более ранние события такого рода. Обильные снегопады на больших пространствах области аккумуляции, повторяющиеся из года в год, являются, по-видимому, самым важным фактором, вызывающим подобные подвижки. Некоторое время снег и лед, очевидно, накапливаются быстрее, чем узкий ледниковый язык успевает их отвести. Когда давление накопившегося льда становится достаточно большим, он вытекает из фирнового бассейна и начинает быстро двигаться, пока спустя короткое время снова не достигнет прежней стадии равновесия. Обвалы огромных масс снега с обрывистых склонов могут вызывать землетрясения, которыми отчасти можно объяснить поведение Блэк Рэпидз.

Много других ледников на Аляске находится довольно близко от дорог, что представляет для последних серьезную угрозу. В 14 км южнее Блэк Рэпидза конечная морена ледника Кастнер лежит лишь в нескольких ярдах от шоссе Ричардсона. Стоит леднику продвинуться на 1,6 км — и он блокирует дорогу и реку.

Когда будет завершено строительство автомобильной дороги вдоль реки Медной, она на протяжении 120 км пройдет по глубокому ущелью в Чугачских горах, связывая центральные районы Аляски с портом Кордова. Это шоссе, являющееся важным участком сети шоссейных дорог на Аляске, проложено по заброшенному полотну Северо-Западной железной дороги, которая была построена в начале века, чтобы связать рудники в Кенникотте с портом Кордова. Чтобы избежать опасностей, связанных с начавшимся наступанием ледников Чайлдз, Майлз и Аллен, железнодорожное полотно сначала перенесли на одну сторону долины, затем на другую. Теперь эти ледники медленно сокращаются, но за последние столетия им случалось один или несколько раз наступать. В 1910 и 1911 годах ледник Чайлдз продвинулся на 600 м, не дойдя всего 450 м до железнодорожного моста через реку Медную. Если бы ледник дошел до моста, строительство которого, обошедшееся более чем в один миллион долларов, было только что завершено, эта внушительная стальная конструкция была бы поглощена и до неузнаваемости изуродована наступающим льдом. Работу на рудниках пришлось бы прекратить, так как для проведения железной дороги между рудниками и побережьем другого пути нет.

Ледник Майлз на противоположной стороне долины доходил до места, где в 1885 году был сооружен мост. На протяжении 9 км вдоль конца ледника Аллен строящаяся теперь автомобильная дорога и прокладываемая по старому железнодорожному полотну, будет лежать на массе неподвижного (мертвого) льда, предохраняемого от таяния слоем морены, на которой растут деревья.

Такие продвижения ледников могут повториться нескоро. Может быть, пройдут тысячи лет, прежде чем ледники снова заполнят долину реки Медной, как это бывало на протяжении нескольких тысячелетий в прошлом. А пока люди, путешествующие в бассейне этой реки по суше или по воздуху, могут любоваться одним из самых великолепных ледниковых ландшафтов на Земле.

Горы теперь не представляют особых затруднений для строителей дорог, хотя этого нельзя сказать о горах, покрытых ледниками. Напрасно человек будет бросать свои слабосильные бульдозеры против активных горных ледников.

Через движущийся поток льда нельзя проложить дорогу или пробить в нем туннель, так как ни одно творение человеческих

рук не может противостоять напору даже маленького ледника.

За последние несколько лет наблюдались необычные продвижения других ледников Аляски. Осенью 1956 года Мулдроу, один из величайших долинных ледников на Аляске*, который питается льдом из нескольких больших фирновых котловин на северном склоне горы Мак-Кинли, внезапно, после длительного периода медленного отступления, стал активным: его концевая часть стала значительно толще и продвинулась менее чем за год почти на 6,5 км.

Еще более удивительные продвижения ледников имели место в высочайшем горном хребте Каракорум в северной части Индии и Кашмире. Профессор Ардито Дезио, директор Института общей геологии в Милане и руководитель университетской экспедиции, которая совершила восхождение на вторую по высоте гору в мире**, сообщил, что три потока льда начали одновременно продвигаться в долине Кутиах, где они соединились и продолжали двигаться как один ледник протяженностью почти 13 км. Все это произошло между 21 марта и 11 июня 1953 года. Фронт потока двигался со средней скоростью около 4,5 м в час.

Некоторые ученые объясняют это необычайное продвижение исчезновением большого ледника из долины Кутиах. Оставшись без поддержки, его висячие притоки устремились в главную долину. Их продвижение остановилось только тогда, когда избыточный лед из более высоких районов перешел в более низкие. Какова бы ни была причина этого события (может быть, произошло землетрясение, вызвавшее обвалы), оно носило местный характер, так как все другие ледники в этом районе находились в состоянии отступления.***

Когда продвижение происходит с большой скоростью и в течение непродолжительного времени, лед внутри ледника, очевидно, перемещается в основном с такой же скоростью, как и фронтальная часть ледника. Несмотря на эти примеры «вырвавшихся на волю» ледников, быстрые подвижки ледников — явление исключительное и носит местный характер. Лед большинства ледников движется обычно со скоростью не более 50—60 см в день.

* Длина ледника Мулдроу 72 км, но ледник Хаббард в районе горы Логан вдвое длиннее (145 км).

** Гора К-2, известная также под названиями Годвин-Остен и Чогори. Высота 8611 м. (Прим. перев.).

*** Ледник Медвежий на Памире (находящийся по соседству с ледником Федченко) в 1951 году за 2—3 дня продвинулся вперед на 1 км, а в мае 1963 года наступал, проходя по 50—100 м в сутки.

КАК ДВИЖЕТСЯ ЛЕДНИК?

Как может твердая кристаллическая масса льда спускаться по долине на расстояние многих километров, не изменяя сколько-нибудь заметно своей величины, формы и общего вида?

Трещины и расселины, которые наблюдаются на большинстве ледников, свидетельствуют о том, что лед на их поверхности хрупкий. На глубине ниже 60 м и более трещины бывают редко. На большей глубине их образованию мешает течение льда, хотя оно и очень медленное. То, что в более глубоких частях ледника лед обладает пластическими свойствами, было продемонстрировано на прорубленном во льду туннеле: стенки его изогнулись внутрь. Итак, на поверхности ледника имеется корка относительно хрупкого льда, под которой расположена зона течевого льда — источника подвижности ледника. Когда ледник Блэк Рэпидз сделал свой скачок, пластический лед стал течь с такой быстротой, что хрупкий поверхностный лед не выдержал и превратился в массу беспорядочно движущихся глыб.

Чтобы понять, как движется ледник (здесь, возможно, некоторые высказывания будут иметь предположительный характер, так как, несмотря на многолетнее изучение, природа движения ледников понята еще не полностью), мы должны начать со снежинки. Падающая снежинка — это либо отдельный снежный кристалл, либо группа кристаллов. Каждый такой кристалл является, по существу, кристаллом льда, в котором атомы сгруппированы так же симметрично, как и в любом другом кристалле льда. Атомы в снежинке располагаются точно по тем же законам, что и в кристаллах кварца или другого минерала. Поэтому лед как твердое неорганическое вещество с определенной атомной структурой фактически является минералом.

Как только выпавший снег начинает уплотняться, снежинки постепенно теряют свои звездообразные очертания и приобретают более или менее округлую форму, при этом внутреннее симметричное расположение атомов не меняется. Когда образовавшаяся в точках сжатия между кристаллами талая вода (она получается в результате таяния снега и ледникового льда) снова замерзает, новые кристаллы не создаются, а происходит только рост одних кристаллов за счет других: сам лед становится более грубым и более зернистым. Под тяжестью накапливающихся выше лежащих слоев снега и благодаря непрерывному замерзанию талой воды изо льда вытесняется воздух, и лед становится более плотным. Лед в леднике представляет собой твердую массу сцепленных кристаллов льда, многие из которых будут расти до тех пор, пока существуют. Хотя были обнаружены отдельные кристаллы ледникового льда почти 30 см длиной, редкий кристалл достигает в длину более 5 см. Так как лед состоит из совокупности минеральных зерен, он

является горной породой. Как же такая твердая масса может течь?

Несмотря на то что кристаллы льда плотно сцеплены, движение всего ледника в основном зависит от них. При постоянном давлении огромные массы тончайших атомных слоев, из которых состоит каждый кристалл, способны скользить один по другому. Источником давления служит обычно вес самого льда. Лед начинает течь только тогда, когда слои атомов у большинства кристаллов располагаются приблизительно параллельно поверхности ледника, причем перегруппировка кристаллов в «благоприятном» направлении происходит под воздействием силы тяжести. Процесс этот можно назвать рекристаллизацией, так как атомы внутри кристаллов изменили свое положение. Если бы рекристаллизации не было, то из-за непрерывного скольжения одного кристалла по другому их форма сильно исказилась бы — они вытянулись бы в длину*. Однако, пропутешествовав много миль, кристаллы на конце ледника имеют в основном такую же форму, как и кристаллы в более отдаленных от конца частях ледника, хотя и превосходят их по величине. Несмотря на то что в одном кристалле движение между любыми двумя смежными атомными слоями незначительное, объединенное движение миллиардов таких слоев при непрерывном давлении вызывает пластическую деформацию твердого льда, которая и является причиной течения ледников.

В этом отношении лед не отличается от какой-либо другой горной породы. Глубоко под поверхностью Земли, где давление высокое, твердые породы обладают текучестью. Об этом свидетельствуют наблюдаемые во многих местах на поверхности Земли складки в горных породах, обнажившиеся в результате эрозии. Эти породы текут точно так же, как лед внутри ледника, только бесконечно медленнее. Поэтому изучение ледников помогает установить, как происходит деформация пород глубоко внутри земной коры.

У всех ледников, независимо от того, стационарны ли их концы, наступают они или отступают, лед постоянно движется вперед. Если конец ледника остается более или менее стационарным, это значит, что движение вперед самого льда уравнивается потерями. В случае увеличения скорости таяния или испарения ледник отступает, несмотря на то что внутри него лед движется вперед. Именно это и произошло с ледником Блэк Рэпидз вскоре после того, как прекратилось его наступание.

Так как лед — твердое тело, движение ледника в какой-то степени вызывается также и скольжением некоторых его частей по другим вдоль плоскостей скалывания. Этот тип движения

* Вытянутые в длину зерна ледникового льда все же наблюдаются довольно часто.

можно наблюдать на поверхности больших ледников, но насколько далеко этот процесс захватывает глубинные их части, еще не известно.

Хрупкий поверхностный лед, если он рассечен многочисленными трещинами и разбит на глыбы, сам по себе, вероятно, не способен двигаться вперед: его должен толкать и нести активный лед более глубоких горизонтов. Но он может отслоиться от последних и, соскальзывая с оглушительным шумом с круто наклоненного ледника, за несколько минут продвинуться на километр или больше. Такие обвалы довольно часто случаются в Каракоруме и в других горных цепях Азии. В Альпах они уничтожили много домов и деревень.

ЛИЦО ЗЕМЛИ СОЗДАНО ЛЬДОМ

Кому случалось побывать на нижней части ледника Нисквалли на горе Рейнир, тот не мог не заметить скоплений обломков горных пород, разбросанных по леднику. Они полностью засоряют большие участки льда, а долина у конца ледника буквально завалена беспорядочными нагромождениями таких обломков. Вся эта масса обломков пород — находится ли она на леднике или перед его концом или снесена потоками талой воды на некоторое расстояние от ледника — известна под названием *ледникового дрифта*. Часть дрифта, движущаяся вместе с ледником или отложенная на конце ледника, называется *тиллом* (или валунной глиной). Ледник не обладает способностью сортировать материал, который он несет с собой, поэтому тилл — это неоднородная смесь обломков разных горных пород всяких размеров — от огромных валунов до мельчайших частиц глины *.

Тилл в виде холмистых гряд и насыпей, отложенных у конца ледника, называют *конечной мореной*. Когда фронтальная часть ледника долгое время находится в более или менее стационарном состоянии, морена принимает вид гряды холмов, но в подвижной передней части ледника морена становится шире, превращаясь в скопление беспорядочно расположенных насыпей. Конечная морена является характерной чертой ландшафта.

Наоборот, дрифт, отложенный талыми ледниковыми водами, сортируется и образует более или менее ровный покров наносов. Такие осадки, получившие название *флювиогляциальных отложений*, около ледника состоят главным образом из галечников и песков. По мере удаления от ледника эти наносы становятся тонкозернистее и в конце концов превращаются в песок и глину,

* Тилл — термин американских (отчасти и английских) гляциологов. Обломочный материал, переносимый и отлагаемый ледником, советские и большинство западноевропейских ученых называют мореной. Моренами называется также и форма рельефа, образуемая скоплением этого обломочного материала.

к которым примешиваются и осадки неледникового происхождения.

Конечная морена ледника Нисквалли, если смотреть на нее с близкого расстояния, — особенно неприглядное зрелище. А ледник, который в этом месте густо покрыт «грязью», вовсе не похож на тот величественный поток льда, испещренный синими трещинами, каким он выглядит выше. Однако морена представляет для ученых большой интерес, так как помогает понять многое из того, что происходит с ледником.

У концов большинства долинных ледников, подобных Нисквалли, скапливаются массы обломков, которые ледники получают и переносят несколькими способами. Обломки, переносимые подо льдом, называются *донной мореной*. Те из них, которые попадают с горных склонов на фирновое поле в верховьях ледника, погребаятся там и переносятся в глубине льда, образуют *внутреннюю морену*. У ледников долинного типа обломки иногда собираются по бокам ледника в виде темных холмистых гряд. Такие морены называются *боковыми*. Там, где сливаются два долинных ледника, две их боковые морены соединяются и создают единую *срединную морену*. Поверхность большого ледника, образованного из нескольких притоков, бывает испещрена полосами срединных морен, которые обозначают собой границы отдельных ледников-притоков.

В то время как вследствие таяния и испарения количество льда в нижних (по течению) частях ледника непрерывно уменьшается, количество моренного материала остается почти таким же или даже увеличивается. Поэтому в некоторых местах на концах ледников скапливается иногда столько же обломков, сколько льда, а на известном расстоянии отсюда вниз по течению в леднике будет содержаться больше обломков, чем льда. Ледник, покрытый толстым слоем морены, может простираться на много километров за пределами его видимого конца. Наглядным примером этого является ледник Аллен, через который была проложена железная дорога, пересекающая реку Медную. Защищенный от солнечных лучей таким толстым покровом, лед тает не так быстро, как лежащий выше по леднику более чистый лед. Когда ледник отступает, этот покрытый мореной лед может оказаться отделенным от ледника. Обреченные на неподвижность, изолированные почвой и обломками пород от факторов, вызывающих таяние, подобные массы льда могут существовать сотни лет.

Поток льда, несущий донную морену, действует, как огромный напильник. Он разрушает дно долины, по которой движется, отщепляет от него кусочки породы, в свою очередь шлифующие материал, который попадает к нему на пути. Самые тонкие ледниковые инструменты — ил и песок — полируют ложе, по которому они перемещаются; более крупные обломки пород цара-

пают ложе, делают в нем выемки, сами одновременно шлифуясь о породы ложа или покрываясь царапинами от трения о другие обломки.

В результате трения породы о породу образуется масса тонкого песка и «ледниковой муки», придающих ручьям, вытекающим из ледника, молочный оттенок. Свет, отражаясь от тонко измельченных частиц породы, сообщает воде чудесные светлоголубые и бирюзовые оттенки, столь характерные для поверхности озер, куда впадают ледниковые воды. Любуясь голубой гладью озера Луиза в Банффском Национальном парке (провинция Альберта), ясно представляешь себе, какую роль играют ледники в цветовых эффектах горного пейзажа. Своим цветом озеро Луиза обязано ледникам Лефрой и Виктория.

Землю активные ледники обрабатывают, как искуснейшие хирурги-косметологи; ни один ландшафт не может в течение долгого времени выдерживать их наступание, не претерпевая перемен. Любой ледник, независимо от его величины, способен эродировать, но, чем толще лед, тем сильнее он разрушает поверхность, по которой движется, перемалывая все, что попадает ему на пути. Поток льда толщиной 300 м или более (а таких много) может содрать и унести с собой породу с боков и со дна своей долины. Таким образом, ледники, протекая по узким долинам, расширяют и углубляют их. В результате получаются глубокие долины с U-образным поперечным сечением, похожим на поперечный разрез корыта.

В тех местах, где дно долины сложено слабыми породами, леднику легче вгрызаться в них и он выпахивает глубокие котловины. Когда лед исчезает, они наполняются водой и становятся озерами. В горных долинах конечная морена, загромождая выход из них, может создать запрудное озеро. Образование почти всех озер в Альпах, Скалистых горах и других горных цепях, где раньше ледники были обширнее, шло этими двумя путями.

Высокие обрывы и другие живописные черты рельефа, ежегодно привлекающие толпы туристов в большую Йосемитскую долину в Калифорнии, возникли несколько тысяч лет тому назад, когда долина и все ее притоки были заполнены потоками льда, питавшегося снегом, лежавшим на высоких горах Сьерра-Невада. Долина, окаймленная слегка отлогими лесистыми склонами, была безжалостно выпажана обломками пород, вмерзшими в лед, и превратилась в глубокую котловину, которую мы видим сейчас.

Не всегда можно заметить, насколько ледники углубили долины. Отвесные стенки, окружающие Йосемитскую долину, внезапно обрываются на стыке с дном долины. Однако давно было известно, что дно долины сложено толщей глины и песков, отложенных в озере, которое некоторое время существовало

здесь после исчезновения ледника. Было также известно, что склоны долины уходят на большую глубину, намного ниже современного дна долины. Мощность озерной толщи была определена в 1935 году учеными Калифорнийского технологического института. Взрывая динамит во многих местах, они отмечали время, за которое упругие волны проходили через старые озерные осадки к коренной породе и возвращались обратно к поверхности.

Волны, идущие через почву и другие рыхлые осадки вниз к коренной породе, отражаются по направлению к поверхности. Записывающие приборы регистрируют эти отраженные волны. Волны распространяются через породы с определенными скоростями. Так как расстояние, пройденное ими, можно непосредственно определить по времени, которое протекает между взрывом и приемом отраженных волн, то и расстояние до коренной породы удастся вычислить с большой точностью.

Работы в Йосемитской долине показали, что в верховьях долины в окрестностях Кэмп Карри и отеля Овани коренные породы лежат на глубине 540 м от поверхности. Далее вниз по долине, около Эль-Капитан, толща рыхлых отложений, выстилающая дно, достигает 360 м. Таким образом, внушительные склоны, ограничивающие долину, видны только наполовину или немного более. Если бы из долины можно было удалить все рыхлые наносы (для чего потребовалось бы провести небывалые по размерам земляные работы, которые для ледника были бы детской игрой), в долину вновь вернулось бы озеро, а гранитные скалы Эль-Капитан и ледник Пойнт поднимались бы над поверхностью воды почти на 300 м выше, чем сегодня.

Существует множество других выпавших ледниковых долин, об истинной глубине которых трудно судить, так как они частично заполнены осадками или водой. Когда прежние ледниковые покровы распространялись на юг по территории северных районов нынешнего штата Нью-Йорк, поток льда направился в сильно вытянутые долины, спускавшиеся к северу. Ледяные потоки разрушали эти долины до тех пор, пока они не превратились в большие глубокие впадины подо льдом. Заполнившись потом водой, они образовали знаменитые теперь озера Фингер Лейкс.

Ложа долин под двумя крупными озерами — Саунда и Сенека — лежат на несколько сот футов ниже уровня моря. Это, несомненно, свидетельствует о том, что долины выпаваны ледниками, так как реки, текущие к морю, не могут врезать свои русла намного ниже уровня моря.

Из ледниковых долин наиболее красивы фьорды, хотя их красота в значительной степени скрыта под морской водой. Самые известные фьорды находятся на побережьях Аляски и Норвегии. Все берега Гренландии тоже изрезаны ими. Есть

фьорды также в Чили, Новой Зеландии, Британской Колумбии, Исландии, Шотландии, Лабрадоре, на островах арктической Канады и в других местах.

Многие норвежские фьорды имеют более 80 км в длину. Самый длинный — Согне-фьорд около Бергена — вдается на 200 км в глубь материка. Его берега поднимаются над водой на несколько сот метров, а в некоторых местах они находятся почти на 1200 м ниже уровня моря. Соседний с ним Хардангер-фьорд имеет почти такую же длину.

Южная оконечность Аляски представляет собой целый лабиринт фьордов. Их так много, что бывает трудно определить их длину. Портленд-канал — фьорд на границе Британской Колумбии — имеет 160 км в длину, а ширина фьорда почти на всем его протяжении составляет менее 3,5 км. Линн-канал и служащий его продолжением к югу пролив Чатан образуют единый огромный фьорд, простирающийся от Скагуэя более чем на 400 км к открытому океану. Каботажные суда в юго-восточной Аляске могут пройти через фьорды сотни километров, ни разу не выходя в океан.

Выпахивание ледниками ранее существующих долин иногда называют переуглублением, особенно в том случае, если лед, эродируя дно долины, образует так называемые *бассейны*. Когда ледник спускается в море, он продолжает разрушать поверхность, по которой течет, до тех пор, пока не достигнет места, где глубина воды составляет $\frac{9}{10}$ толщины льда. Тогда ледник всплывает. Таким образом, толщина потоков льда, выпавших Согне-фьорд, вероятно, составляла 1300 м, так как в то время, когда берега Норвегии покрывались ледниками, уровень моря, как мы знаем, был приблизительно на 90 м ниже сегодняшнего.

Ледники делают склоны долин более крутыми — прежде пологие, они превращаются в вертикальные или почти вертикальные обрывы. Большинство ледниковых долин образовалось так недавно, что выветривание еще не успело стабилизировать их крутые склоны. Поэтому на склонах многих долин лежат огромные массы пород, готовые вот-вот рухнуть вниз. Иногда они срываются от подземных толчков или под влиянием очень низкой температуры. Обвал и оползень — это явления местного характера, но когда они случаются на берегах фьорда или ледникового озера, их эффект может во много раз увеличиться, так как волны, вызванные ими, способны произвести колоссальные разрушения на расстоянии нескольких километров от места падения пород. Со склонов Иннвик-фьорда в Норвегии массы горных пород несколько раз падали в озеро Лоен; в 1905 и 1936 годах вызванные ими волны, устремившись на материк, причинили большие разрушения зданиям и лишили жизни 100 человек. В одном случае пароход был отнесен волной более чем на

400 м в глубь материка. Людям, живущим в районе других норвежских фьордов, тоже не раз приходилось испытывать действие подобных волн.

Более часты оползни и обвалы в поясе землетрясений на Аляске. В самой узкой части южной оконечности Аляски, примерно в 160 км к югу от залива Якутат и на таком же расстоянии к западу от Джуно, побережье прорезано фьордом Литуя, имеющим 11 км в длину и 1,6—4,8 км в ширину. Он образует выход к морю для фьордов Крильон и Гилберт — двух рукавов больших фьордов, почти целиком заполненных ледниками. Литуя — единственная защищенная якорная стоянка на протяжении многих километров побережья. Так как этот фьорд лежит в центре совершенно ненаселенного участка побережья длиной почти 250 км, судоходство здесь не очень активное, но рыбаки, промысляющие в Аляскинском заливе, иногда во время штормовой погоды укрываются в его бухте.

В ночь на 9 июля 1958 года 6 человек на трех рыбацких лодках вошли в бухту Литуя, так как ожидался сильный ветер. Однако они не нашли там убежища. Немного позже 10 часов вечера рыбаки почувствовали сильные удары землетрясения, сопровождаемые оглушительным грохотом. Почти сразу же их взгляду представилось страшное зрелище. Гигантская волна входила в вершину бухты из фьорда Гилберт, надвигаясь на них со скоростью более 160 км в час. В отчаянной попытке уйти в открытое море, где у них, возможно, был бы хоть какой-нибудь шанс на спасение, рыбаки успели только завести моторы, когда волна, достигавшая 30 м или более в высоту, обрушилась на них. Через несколько минут двое рыбаков были мертвы, а их лодка разбита в щепки. Двое других тоже погибли — волна, перехлестнув через лесистый мыс у устья бухты, находившийся в 400 м от места их стоянки, выбросила их вместе с суденышком в открытое море. В море лодка была разнесена на кусочки. Двое последних — Говард Ульрих и его семилетний сын — вцепились в лодку, когда ее подняло на гребень волны. Волна стремительно помчала лодку на материк, пронося ее высоко над деревьями, а затем с неистовством бросила назад, во вспененные бурлящие воды бухты. Только чудом Ульрих и его сын вышли живыми из этого умопомрачительного испытания.

Гигантская волна в бухте Литуя образовалась в момент, когда в глубокие воды фьорда Гилберт у вершины бухты соскользнули 90 000 000 т породы, оторвавшейся в результате землетрясения, удары которого рыбаки почувствовали за несколько минут до того, как на них набросилась волна. По пути этот обвал отколол от конца ледника Литуя массив льда длиной более 300 м. На противоположном берегу огромная волна поднялась по склону на невероятную высоту — 522 м, вырывая в девственном лесу деревья вместе с землей, на которой они

росли. Хотя по мере приближения к морю высота волны уменьшалась, на половине побережья бухты весь лес был выброшен на высоту более чем 36 м. У устья бухты, в 12 км от места возникновения волны, все деревья, включая и те, диаметр которых достигал 9 м и более, были вырваны с корнем и отброшены от береговой черты на высоту 10 м над уровнем моря. Эта волна выполнила самую большую и самую быструю в истории операцию по лесозаготовкам — за 3—4 минуты она повалила все деревья на участке почти 10 кв. км, сняла с них кору и сбросила большую их часть в бухту, где бурлящие воды очистили деревья от ветвей.

На следующее утро с самолета, отправленного в район бухты, увидели плавающий вдоль ее северного берега «плот» из бревен длиной 5 км. Небольшие «плоты» и отдельные бревна были разбросаны по всей поверхности бухты и на восьмикилометровом участке моря у входа в бухту.

Действие гигантской волны, вызванной обвалом, было настолько поразительным, что, несмотря на неоспоримые свидетельства, ученые с трудом могли поверить, что все это случилось на самом деле. Эта волна была во много раз выше когда-либо зарегистрированной волны, возникшей в результате морского землетрясения. (Эти волны известны под названием цунами.) Чтобы определить, могло ли с точки зрения механики произойти то, что произошло, ученые построили модель бухты Литуя, на которой проверили правильность существующей теории гидравлики волн.

Исследования геологов показали, что гигантская волна 1958 года не была чем-то новым для бухты Литуя. За последние 100 лет или более такие волны не раз проносились по ней. В 1936 году одна волна, свидетелями которой были 4 человека, смыла деревья на участке берега на высоте 150 м над уровнем моря. Такие же волны возникали в бухте в 1853 или 1854 году, около 1874 и, вероятно, в 1899 году.

Хотя никто не видел эти волны, о том, что они имели место именно в эти годы, можно судить по отметкам, оставленным ими вдоль берегов. На протяжении многих лет после того, как разрушительная волна промчится через бухту, вдоль берега сохраняется резко очерченная линия, являющаяся верхней границей зоны ее действия, выше которой идет полоса старого леса, а ниже отчетливо выделяется более молодой. До того как волна 1958 года уничтожила почти все отметки, оставленные прежними гигантскими волнами, в лесу вдоль бухты было ясно видно несколько линий. Ниже линии 1936 года самые старые деревья были моложе 22 лет. В лесу ниже линии 1853-54 года самым старым деревьям было 105 лет. Ольха, ива и канадский тополь, которые после 1958 года стали покрывать оголенные берега бухты Литуя, будут в конце концов вытеснены более долговеч-

ной и более крупной елью, хемлоком и кедром. Но линия на верхнем крае этого нового леса, до тех пор пока ее не сотрет еще более разрушительная волна, будет служить свидетельством гигантской волны 9 июля 1958 года.

Берега фьордов отличаются своей крутизной, но у некоторых фьордов, например у заливов Гилберт и Крильон, под действием ледников они становятся еще более отвесными. Поэтому оползни и обвалы как в самой бухте Литуя, так и в заливах Гилберт и Крильон, несомненно, будут создавать гигантские волны. Такие волны образуются в бухте Литуя в среднем один раз в 25 лет. Поэтому, как говорит Дон Дж. Миллер из Геологической службы США, «если провести в бухте один день, шансов быть застигнутым такой волной не очень много (примерно 1 : 9000)». С другой стороны, в течение нескольких лет после сильного землетрясения сохраняется большая опасность новых обвалов, а следовательно, возникновения новых волн, так как подземные колебания расшатывают лежащие над водой и ниже ее массы породы и они в любое время могут обвалиться. Образующиеся при этом волны обладают огромной разрушительной силой вследствие того, что в узких границах фьорда вода, не имея возможности уйти, поднимается на очень большую высоту. Вдобавок к этому от концов двух находящихся там ледников могут отколоться большие массы льда, которые тоже способны вызвать высокие волны. Очевидно, что и в будущем Литуя останется ареной драматических событий.

Боковые ледники углубляют свои долины точно так же, как большие ледниковые потоки. Однако, будучи меньше по размерам и менее массивными, они выпахивают дно своих долин с гораздо меньшей скоростью, чем главный ледник. Поэтому после того, как ледник уходит, устья этих боковых долин остаются висеть высоко по склонам главной долины. Такие долины называются *висячими*. Их присутствие можно обнаружить по ледопаду, который образуется в месте, где ледник вытекает из долин и направляется в главную долину.

В горных хребтах, из которых ледники исчезли, висячие долины являются наиболее отличительными формами рельефа.

В горах, которые не подвергались оледенению, висячие долины представляют скорее исключение, чем правило. Горные реки обычно не образуют висячих долин. В долинах, по которым ледники никогда не проходили, боковые долины, независимо от их величины, и главная долина соединяются приблизительно на одном и том же уровне. Благодаря углублению главной долины скорость течения притока увеличивается настолько, что по своему действию на дно он не уступает главному потоку. Поражительным примером этого процесса является деятельность Брайт Ангель-Крик, небольшого притока реки Колорадо, в самой глубокой части Гранд-Каньона. Эта небольшая речка,

длиной всего 20 км, вырыла каньон такой же глубины, как и Колорадо.

К счастью, природа уже убрала лед из бесчисленных горных долин, выставив на обозрение висячие долины и другие свидетельства своего таланта скульптора. Среди живописных картин природы, открывающихся взору в ледниковых долинах, самое впечатляющее зрелище представляют собой водопады, низвергающиеся с висячих долин, роняя свои шумные белые водяные ленты на спокойные воды, которые текут в долинах, расположенных далеко внизу.

Удивительно красив Верхний Иосемитский водопад — один из высочайших в мире. Он срывается с высоты 430 м, что почти на 60 м превосходит высоту нью-йоркского Эмпайр Стейт Билдинг. Далее река продолжает нести воды множества меньших водопадов к основанию Нижнего Иосемитского водопада. Лучше всего любоваться этим великолепным видом с южной оконечности ледника Пойнт на высоте 900 м над дном долины и в 3 км от водопадов. Отсюда беспрепятственно просматриваются сверху донизу Верхний и Нижний водопады и висячая долина, из которой они падают. Это одно из лучших мест для наблюдения форм рельефа, возникших в результате глубокой ледниковой эрозии.

Глядя на этот пейзаж, перенесемся мысленно на 10 тысяч лет назад. Тогда, стоя на леднике Пойнт, мы были бы свидетелями другого величественного зрелища, но на этот раз созданного господствующим повсюду льдом. Перед нами предстал бы большой поток льда, заполнивший долину почти до уровня, на котором мы стоим. По ту сторону долины мы увидели бы, как с маленького, изрезанного множеством трещин висячего ледника, недостаточно длинного, чтобы влиться в главный ледник, тонкой струйкой стекает ручей, которому суждено стать Верхним Иосемитским водопадом. Лед покрывает все, кроме гранитных склонов, окружающих ледник. Обратив свой взор на восток, мы увидели бы в долинах Мерсед и Тенайя два больших ледяных потока, которые позднее, соединившись, образовали главный Иосемитский ледник. Лед потоков настолько толстый, что покрыл всю территорию, лежащую между ними, за исключением вершин Хаф Доум и Клаудз Рест. Вдалеке мы могли бы заметить только самые высокие пики вдоль гребня главного водораздела, поднимающиеся над огромным морем наклонных гряд льда. Сегодня подобный пейзаж можно увидеть в горах Земли Королевы Мод или в других поглощенных льдом горных цепях Антарктиды.

Во всех горных хребтах, где есть или были ледники, их разрушающему действию наиболее длительное время подвергаются верховья долин. Именно здесь образуется большинство ледников, здесь они остаются в течение долгого времени, отсюда на-

чинают двигаться вниз по долине. А когда ледники отступают, гонимые теплеющим климатом, свое последнее сопротивление они оказывают тоже здесь. Длительное время занятые ледниками, верховья большинства долин превратились в глубокие амфитеатроподобные впадины. Эти закрытые с трех сторон горные котловины называются *цирками*.

Вода, которая образуется от таяния льда между ледником и стенкой цирка, проникает в трещины горных пород. Попеременное замерзание воды и таяние льда приводят к тому, что от стенок цирка отваливаются обломки породы. Отходя от стенки, лед увлекает за собой какое-то количество этих обломков. Другие обломки падают в пространство между ледником и стенкой и в конце концов оказываются подо льдом. Двигаясь вместе с ледником, обломки пород откалывают новые куски породы, шлифуют и истирают дно цирка, углубляя его.

Трещина между ледником и стенкой цирка, получившая название *краевой трещины*, или *бергшрунда*, не бывает шире нескольких метров, так как каждую зиму она заполняется снегом, часть которого, превращаясь со временем в лед, присоединяется к леднику. В результате процесса выветривания в месте расположения бергшрунда стенка цирка, которая остается отвесной, отодвигается все дальше и дальше в тело горы. В результате такого увеличения цирков на обеих сторонах горной цепи центральная часть ее в конце концов уменьшается, превращаясь в остроконечный зубчатый кряж.

При встрече двух «пятящихся» цирков, расположенных на противоположных склонах горного кряжа, образуется седловина. С самых высоких частей горного хребта ледники обычно расходятся по всем направлениям. Поэтому, когда цирки, окружающие такие места, расширяются, их тыловые стенки смещаются к общей точке, где они в конце концов создают остроконечный пирамидальный пик, так называемый *хорн**. Каждая сторона хорна является верховьем одного цирка. Наиболее известным примером горы такого типа является Маттерхорн в Альпах, на границе Швейцарии и Италии. Хорн дал свое имя тысячам пиков такого же происхождения во всех горных хребтах, в которых есть ледники или в которых они недавно исчезли.

По самой своей природе подобные пирамидальные пики представляют огромные трудности для альпинистов. Многие из величайших еще не покоренных горных вершин являются хорнами. И только недавно на некоторые из них совершены восхождения. Самый высокий из них — Эверест — представляет собой хорн, образованный из гораздо большей горы, частично «съеденной» ледниками Кхумбу, Ронгбук, восточный Ронгбук и Кангшунг. Недоступный для восхождения юго-западный

* Такие пирамидальные пики называются также карлингами.

склон Эвереста, высота которого равна 2100 м, является частью тыльной стенки Западного Кума* — огромного цирка, вырезанного ледником Кхумбу из массива Эвереста, представляющего собой группу примыкающих друг к другу огромных пиков, высочайшим из которых является гора Эверест**. Через этот большой, загроможденный льдом амфитеатр альпинисты и добрались до вершины горы.

Итак, по мере того как долинные ледники обрабатывают горный ландшафт, его формы становятся все более острыми и резкими, а хребты в конце концов превращаются в лабиринт зубчатых кряжей и остроконечных пиков, поднимающихся на тысячи футов над глубокими *троговыми* (корытообразными) долинами, образованными ледниками. С другой стороны, формы рельефа, погребенные под ледниковым покровом, наоборот, сглаживаются и отшлифовываются, когда по ним скользит лед с вмержшими в него обломками пород. Ледник не может создать здесь ни зубчатых кряжей, ни пирамидальных вершин. Более того, если бы ледниковый поток нахлынул на какую-нибудь горную цепь, прежде подверженную оледенению, он, вероятно, сгладил бы все пики и острые гребни. А если бы лед находился там долгое время, он шлифовал бы их до тех пор, пока от их первоначального вида почти ничего не осталось бы. С какой скоростью ледниковые покровы производят свою разрушительную работу — неизвестно, но надо думать, что медленнее, чем долинные ледники, которые движутся быстрее.

На основании изучения морен в северной части Соединенных Штатов и южной Канаде специалисты пришли к выводу, что за несколько сот тысяч лет, в продолжение которых ледниковый покров периодически занимал Канаду, он в среднем удалил не больше 9 м породы. В некоторых местах был снят только тонкий слой почвы и продуктов выветривания. Однако не следует преуменьшать разрушительную способность прежнего североамериканского ледяного покрова. Удалить 9 м породы с территории в 520 тыс. кв. км. — не такое уж простое дело.

В отдельных местах, как, например, в долинах Фингер Лейкс, ледниковый покров может глубоко врезаться в землю. Во внутренних районах Антарктиды лед все время шлифует погребенные под ним горные цепи. Вероятно, есть места, где подледниковые долины расположены в направлении общего движения ледников. Быстрые потоки основного льда, направляющиеся в эти долины, переуглубляют их точно так, как это имело место тысячи лет тому назад в долинах Фингер Лейкс. В прибрежных районах Антарктиды под действием льда, который движется

* Кум (Cwm) — употребляемый англичанами уэльсский термин, означающий ледниковый цирк. То же, что кар (немецкий термин).

** Эверест — название, данное англичанами. Индийцы называют эту гору Чомолунгма. Высота горы 8882 м или, по другим данным, 8884 м.

большими языками, происходит процесс образования будущих фьордов.

Прежний североамериканский ледниковый покров оставил нам еще немало примеров переуглубления долин, кроме Фингер Лейкс. В начале нынешнего века, когда прокладывали Кэтскиллский акведук (150-километровый водопровод для доставки воды в город Нью-Йорк из резервуаров в Кэтскиллских горах), среди многих проблем, стоявших перед инженерами, одной из главных было найти самое удобное место под рекой Гудзон, которую должен был пересечь водопровод. Для этого необходимо было исследовать тип горной породы и определить, насколько ниже дна реки нужно проложить туннель, чтобы он проходил в твердой породе. Поэтому бурильщики, находившиеся на баржах, начали бурить покрытое илом и тиной дно реки в нескольких местах вдоль узкого 22-километрового ущелья, где река течет через плоскогорья между Ньюбергом и Пикскиллом. Все ниже и ниже углублялись буры — 30, 60, 90 м — и все время лишь глина, песок, щебень и окатанные обломки породы. Бурильщики стали сомневаться, есть ли вообще у долины какое-нибудь твердое основание. Когда исследование было закончено, геологи узнали, что поток льда прежнего ледникового покрова, натолкнувшись на барьер в виде плоскогорья, был вдавлен в теснину реки южнее Ньюберга. Благодаря тому что давление льда в этом месте увеличилось, лед выпахал долину до глубины 225—285 м ниже уровня моря.

Прошло много тысяч лет после того, как ледники завершили свою работу, но теперь из-за них две главные жизненные артерии Нью-Йорка — Кэтскиллский акведук и параллельный ему, но более новый Делаверский акведук — должны проходить на глубине более 300 м ниже уровня моря, пересекая долину Гудзона около Сторм-Кинга и Брейкнека на плоскогорье выше Уэст-Пойнта.

ГОРНЫЕ ЛЕДНИКИ ЕСТЬ ПОЧТИ ВЕЗДЕ

Кроме Австралии, горные ледники существуют на всех континентах, даже в экваториальных районах Африки и Южной Америки.

Однако никакие горные ледники не могут сравниться по величине и разнообразию с ледниками, лежащими на большом полукруге горных цепей, окаймляющих Аляскинский залив. Некоторые хребты этой огромной дуги покрыты массой льда, но своего полного великолепия ледники достигают в месте, где упирающиеся в облака горы Св. Ильи почти блокируют перешеек узкой оконечности южной Аляски, прижимая его к морю.

Вокруг горы Логан и ее соседки — горы Св. Ильи, превосходящих своей высотой даже Гималаи, теснится несколько самых больших горных ледников на Земле. Ледник Хаббард, самый, по-видимому, длинный из всех, протянулся почти на 145 км. Ледник Логан, который питается из одного источника с ледником Хаббард, имеет длину около 120 км.

Покров, образованный переплетениями ледяных полей и долинных ледников и наброшенный на западное протяжение этой горной цепи, Чугачские горы, простирается на 400 км. Льда здесь так много, что он целиком покрывает огромные участки на многих горных вершинах, иногда взбираясь на самые высокие из них. Языки льда текут через сотни долин, сходясь и расходясь, извиваясь и изгибаясь, выбрасываясь из висячих долин в виде колоссальных замерзших водопадов. Кажется, что вся местность попала в огромную паутину из льда. Многие потоки льда спускаются в верховье долины Юкона. На южном фланге горной цепи несколько потоков льда стекает на узкую прибрежную равнину, где, распластываясь в виде широких, почти плоских ледяных шапок, образует предгорные ледники. Другие потоки продолжают двигаться к побережью и, сливаясь, входят в море, обрываясь к воде внушительными ледяными «скалами» высотой 60—90 м.

Маляспина, один из двух предгорных ледников у вершины узкой южной оконечности Аляски, достигает 65 км в ширину и простирается по всей прибрежной равнине, ширина которой здесь составляет 45 км. Толщина этой огромной массы льда в ее центральной части достигает 600 м и даже больше. Края ледника покрыты слоем морены и почвы, на котором приютился лес из хемлока и ситхинской ели. На этом участке леса шириной 1,5 км встречаются столетние деревья высотой до 22 м. Толщина ледника здесь равна 15—45 м.

Как раз в лабиринте этих оледенелых прибрежных хребтов топографам пришлось прокладывать линию международной границы между Канадой и Аляской. Линия идет на север от реки Стикин на протяжении 725 км, в большей своей части через лед. Отдельные скалистые вершины, торчащие надо льдом, служат единственными постоянными ориентирами, при помощи которых можно определить направление границы.

На всех хребтах, которые огромными массами громоздятся на побережье Аляскинского залива, так же как в Аляскинской горной цепи, лежащей за береговыми горами, есть большие ледяные потоки. На южном склоне горы Мак-Кинли находится длинный (72 км или более) ледник Кахиетна. 11 притоков питают ледник Блэк Рэпидз (длина его 43 км). По сравнению со многими другими ледниками южной Аляски он представляет собой ледник только средней величины.

На этой суровой земле есть сотни, если не тысячи, маленьких ледников и немало больших, которые пока еще остаются безымянными. Некоторые из них обнаружены только с воздуха. Но тем не менее ледники наделялись именами очень активно. Некоторые, как, например, Блэк Рэпидз*, получили свое название по характерным чертам ландшафта, другие — по отличительным особенностям, свойственным им самим (Каскадный, Серповидный). Многие ледники носят имена людей. В названиях этих потоков льда представлены имена ученых, исследователей, членов королевских семейств Европы, людей, финансировавших экспедиции, лейтенантов и генералов, шахтеров и старожилов Аляски. Вдоль и вблизи Колледж-фьорда ледники носят необычные названия. Из находящихся здесь 23 ледников 21 носит имена колледжей Соединенных Штатов и только 2 ледника названы в честь двух прежних президентов Гарвардского университета.

В 1794 году капитан Джордж Ванкувер, идя на корабле вдоль берега Аляскинского залива, осмотрел и описал несколько прибрежных ледников в районе Глейшер-Бей (Ледникового залива). Однако обширными исследованиями и нанесением на карты ледников Аляски ученые начали заниматься только спустя

* Черные стремнины.

почти 100 лет. Экскурсии на парходах к некоторым береговым ледникам в окрестностях Джуно стали проводиться еще до 1900 года, и с тех пор они привлекают множество туристов. Ледник Менденхолл, один из величайших ледяных потоков в узкой южной оконечности Аляски, находится всего в 6,5 км по дороге от аэропорта в Джуно. Между прочим, он получил сомнительную известность благодаря тому, что кусок его льда был доставлен из Джуно в Нью-Йорк самолетом Панамериканской авиалинии для коктейля, который подавали на обеде членам Клуба исследователей в 1951 году.

Еще одна, но гораздо менее изученная группа больших и живописных ледников лежит на противоположном конце Американского континента — в южных Андах, между Чили и Аргентиной. Здесь климатические условия и формы рельефа подобны тем, какие характерны для юго-восточной Аляски. Господствующие ветры, дующие с теплых морей на берег, наталкиваясь на горные цепи в довольно высоких широтах, питают своей влагой множество больших ледяных полей и долинных ледников. Некоторые самые длинные ледники стекают по восточной стороне горной цепи в район озер в Аргентине, который лежит между горами и пампасами.

Малоизвестные ледники на чилийском склоне хребта занимают суровый ненаселенный район, разбитый на множество небольших участков лабиринтом крутобережных, соединяющихся между собой фьордов. Некоторые ледники доходят до моря, а из прибрежных ледников мира ледник Сан-Рафаэль, находящийся на 47° южной широты (что соответствует широте северной части штата Мэн), расположен ближе всех к экватору.

Самые известные и наиболее часто посещаемые ледники находятся в Альпах, которые раскинулись в виде большой дуги на север от франко-итальянской Ривьеры через Швейцарию, вокруг северной Италии и по Австрии. Между горным массивом Монблана на франко-итальянской границе и Грос-Глокнером в Австрии расположены тысячи ледников — от самых незначительных по величине до Большого Алечского ледника, длина которого превышает 27 км. Долина Роны в верхнем течении реки разделяет два величайших и наиболее важных ледниковых района. Это Бернские Альпы в Швейцарии и Монблан — Пеннинские Альпы — в Швейцарии, Франции и Италии. Здесь вздымаются такие вершины, образованные ледниками, как Маттерхорн, Дан-Бланш, Монте-Роза и Дом — в Пеннинских Альпах и Юнгфрау, Финстераархорн, Алечхорн и Эйгер — в Бернских Альпах.

Люди уже давно живут около ледников в Норвегии и Исландии, но впервые изучение ледников было поставлено на научную основу в Альпах. Хотя описания ледников и работы, в ко-

торых делались попытки объяснить их поведение, появились еще в XVIII веке, настоящие исследования ледников начались только после 1800 года. Для наблюдений над процессом превращения снега в лед в швейцарских и французских ледниках стали пробивать туннели (один был проложен еще в 1791 году). Вблизи ледников построены хорошо оборудованные лаборатории для изучения снега, лавин и ледников. Среди этих центров гляциологических исследований наиболее важным является Исследовательский институт Юнгфрауих, расположенный высоко в Бернских Альпах у истоков Большого Аалечского ледника. Здесь, в окружении величественных гор, несколько ведущих гляциологов мира изучают свойства снега, фирна и ледникового льда как в естественных, так и в искусственно создаваемых условиях.

В 800 км восточнее Альп находится изолированный, почти безжизненный горный район. В него вдаются Афганистан, Советский Союз, провинция Китая Синьцзянь, Индия и Пакистан. Несколько высочайших в мире горных хребтов, расходясь из этого района, образуют увенчанный льдом евразийский массив — топографическую вершину мира. В центре массива — Памир и Каракорум; на запад простирается Гиндукуш; на северо-восток — Тянь-Шань; на востоке расположены Куньлунь и Гималаи, словно гигантские клещи сжимающие высокое нагорье Тибета.

В этих широко раскинутых хребтах среди цирков и висячих долин запрятано огромное число ледников — больше, чем во всей Аляске. Снега выпадает здесь много, особенно в Гималаях и Каракоруме, на которые с Аравийского моря дуют влажные муссоны, беспрепятственно проносящиеся через широкую долину Инда. Почти весь снег выпадает летом, так как зимой муссоны дуют в обратном направлении — с холодного, сухого материка к морю — и не приносят влагу, а поглощают ее.

Высочайшие горные вершины — Эверест, К-2, Канченджунга, Макалу, Дхаулагири, Манаслу и сотни других — окружены ледниками. В окрестностях Эвереста многие ледяные потоки достигают 13—25 км в длину. За полторы тысячи километров отсюда, в северо-западном конце Гималаев и в смежных с ними горах Каракорум, есть и более длинные ледники. Еще дальше, на северо-запад от места соединения с Гиндукушем, на Памире лежит огромный ледник Федченко, который питается льдом 25 притоков; это самый большой долинный ледник в Азии и самый длинный (77 км) в мире. В его верховьях толщина льда равна почти 900 м *.

* Называя ледник Федченко самым длинным в мире, автор противоречит себе, так как ранее указал более длинные ледники Аляски — Хаббард и Логан. В ледник Федченко непосредственно впадает 42 потока, а не 25.

ЕСТЬ МНОГО И ДРУГИХ ЛЕДНИКОВ

Стиснутая между Черным и Каспийским морями самая высокая горная цепь Европы — Кавказ — дает приют сотням ледников *. По величине и распределению они имеют много общих черт с ледниками в Альпах.

В Норвегии и Швеции почти столько же ледникового льда, сколько в Альпах и на Кавказе, вместе взятых. Однако этот лед в основном лежит в виде небольших ледяных шапок и спускается по краям ледниками долинного типа.

Несколько маленьких ледников скрыто в высочайших цирках Пиренеев.

Там, где господствующие антипассаты несут влагу из Индийского океана и Тасманова моря и дуют на Южные Альпы в Новой Зеландии, есть еще один примечательный горный ледниковый район. Хотя ни один из ледников не доходит до моря, побережье, изрезанное фьордами, похоже в миниатюре на прибрежные районы вдоль Аляскинского залива и южного Чили.

Долинные ледники есть в Каскадных горах и почти во всех хребтах береговых гор между знаменитым ледниковым поясом Аляски и северной частью штата Вашингтон. Далее на юг они встречаются только на вулканах. Южнее горы Шаста ледников нет, так как горы на побережье недостаточно высокие, чтобы там мог скопиться снег. Но в гораздо более высоких горах Сьерра-Невада, вдающихся на 320 км в глубь материка, есть много небольших ледников, среди них и ледник Ляйелл, где был найден замерзший горный баран.

В Скалистых горах главная область развития ледников лежит вдоль границы между Альбертой и Британской Колумбией в национальных парках Джаспер, Банфф и Иохо и в их окрестностях и, кроме того, в нескольких горных хребтах дальше на запад. Здесь находятся самые доступные для посещения ледники Северной Америки. В этом отношении единственным в своем роде является ледник Атабаска, который питается льдом из Колумбийского ледяного поля в южной части Джасперского Национального парка. К самому краю ледника ведет короткая боковая дорога, отходящая от шоссе Банфф—Джаспер. Так как большая часть ледника относительно свободна от трещин, летом регулярно организуются автомобильные поездки по леднику. В Северной Америке, вероятно, нет другого ледника, который можно было бы пересечь так легко, как этот.

В Скалистых горах южнее 49-й параллели все ледники покоятся в цирках, особенно на северных и восточных склонах гор, так как там нет таких скоплений снега, которые бы могли заставить ледники спуститься вниз, в долины. Тем не менее снег,

* На Кавказе более 2200 ледников общей площадью 1780 кв. км.

надуваемый с горных вершин, питает 200—300 небольших ледничков. Бóльшая их часть сосредоточена в двух районах — в хребте Уинд-Ривер (штат Вайоминг) и в хребтах Льюис и Ливингстон в Ледниковом национальном парке (штат Монтана).

Ледники, расположенные в экваториальной зоне, т. е. в широтах, где обычно нет снега и льда, воспринимают как диковины. Несколько небольших ледников есть на горных вершинах, поднимающихся высоко над влажными джунглями Новой Гвинеи, где благодаря обильным осадкам и частой для этих мест облачной погоде снеговая линия спускается до 4500 м.

По другую сторону Тихого океана, почти у самого экватора, в Андах на высоте 5700—6000 м ледники венчают несколько высоких вулканов. В Андах имеется много сотен, если не тысяч, ледников — от Венесуэлы на севере до тропика Козерога на юге.

Внутри экваториальной зоны ледники есть еще только в Восточной Африке. Они покрывают два огромных вулкана — Кению и Килиманджаро — и несколько высочайших вершин горного массива Рувензори, на много тысяч футов возвышающегося над долиной Большого Рифта. Несмотря на близость к экватору, образованию ледников способствует большая высота гор.

ЛЕДНИКИ И АЛЬПИНИСТЫ

Альпинисты познакомились с ледниками давно. Чтобы избежать постоянной угрозы лавин и обвалов и необходимости взбираться по крутым склонам и неровным гребням гор, которые встречаются на подходе к цели, альпинисты вынуждены идти по долинам до их верховьев, стремясь подняться как можно выше, прежде чем начать восхождение по обрывистым склонам. Ледники, занимающие долины, служат иногда единственными путями к самым сокровенным тайнам гор. Это особенно относится к горным хребтам в южной Аляске и Канаде, в Гималаях и Альпах.

К вершине самой высокой в Северной Америке горы Мак-Кинли есть лишь один путь — через большие ледники Мулдрои, Кахитна, Рут и другие.

Все экспедиции, штурмовавшие Эверест, шли по ледяным рекам, вытекающим из цирков, окружающих его конусообразную скалистую вершину. Всякий раз, когда восходители пробились по Ронгбуку и Восточному Ронгбуку к Северной седловине, трудности, встречавшие их на подходах к вершине, — неблагоприятная погода, недомогания, связанные с пребыванием на огромной высоте, или еще что-нибудь — заставляли их сдаваться почти у самой цели. В 1953 году Эверест, наконец, был взят англичанами с противоположной стороны горы — через Южную седловину; альпинисты сначала поднялись на высоту 6600 м по леднику Кхумбу и уже оттуда предприняли штурм покрытых льдом скалистых пиков.

Альпинисты не раз пересекали ледники на склонах высочайших гор в Гималаях и других хребтах Центральной Азии.

Восхождение на ледяную корону Западной Европы — Монблан — можно совершить, только перейдя через высокие фирновые поля и вытекающие из них ледники Жеан и Боссон во Франции, Бренва в Италии и несколько меньшие на верхних частях склонов этой величественной горы. Доступ к этим ледникам легкий. От Шамони во Франции до Антрев в Италии через массив Монблана проходит воздушная канатная дорога.

За несколько минут лыжники и альпинисты без каких-либо усилий поднимаются на фирновые поля и пики в центре хребта. Здесь у них богатый выбор возможностей как для спуска на лыжах, так и для восхождения. Рестораны, закусочные и бары, разбросанные по всему пути, представляют в мире снега и льда удобства цивилизации. Для туриста все тайны ледников предстают тут как на ладони. На протяжении примерно 5 км подвесная дорога идет высоко над заполненной льдом Валле Бланш (Белой долиной) и ледником Жеан (Великан). Если глядеть вниз на зияющие трещины, хорошо видны годовичные слои фирна, участвующего в процессе образования ледников. Можно также видеть, как лед вытачивает хорны, разъедает стенки цирков и выпахивает долины. Крохотные ледники жмутся к уступам и выемкам на высочайших пиках; ледопады, спускающиеся из висячих цирков, низвергаются на ледники больших размеров, которые, сливаясь, образуют ледник Мер-де-Гляс (Ледяное море), прокладывающий свой многокилометровый путь намного ниже снеговой линии по направлению к долине Шамони. Теперь через Монблан пробит туннель длиной 11 км на несколько сот метров ниже вершины горы и подвесной дороги. На Земле нет другого такого места, где бы люди затратили так много труда для того, чтобы избежать необходимости пользоваться ледниками, и в то же время для того, чтобы сделать их доступными.*

Подъем на ледники с отлогой поверхностью не представляет трудностей. Но там, где ледники стекают по крутым склонам или выливаются из висячих долин, путешествия по ним чреватые опасностями. Хрупкий поверхностный лед на таких ледниках, двигаясь быстрее, чем пластический лед внутри ледника, ломается на куски, и образующиеся трещины могут простираться почти по всей ширине ледника. Ниже ледопадов скорость течения ледника уменьшается, лед сжимается и трещины закрываются, но дальше они снова могут появиться. Так как осевая часть ледника движется быстрее, чем его бока, скорость которых сдерживается трением о склоны долины, между этими зонами возникают новые трещины. Вдоль боков ледника могут открыться короткие боковые трещины. Вначале они пересекают край ледника под углом около 45° , но позже в связи с движением ледника становятся перпендикулярными к краю последнего. В результате пересечения нескольких видов трещин — поперечных, продольных, боковых и других, обусловленных напряжением внутри массы льда, — поверхность ледника превращается подчас в хаос глыб и ледяных пиков (*сераков*).

* В 1961 году французский военный реактивный самолет, пролетая слишком низко, перерезал кабель подвесной дороги. Шесть человек разбилось насмерть, упав на ледник в Валле Бланш. (Прим. авт.).

Таяние льда и движение ледника заставляют глыбы менять положение, некоторые сераки опрокидываются. Не обязательно, чтобы в каждый данный момент на леднике происходило какое-либо видимое изменение, но за несколько дней и даже часов перемены на поверхности ледника становятся заметными. Пути, проложенные альпинистами через трещины, на следующий день могут оказаться уничтоженными. Хорошей иллюстрацией подобных превращений служит огромный ледопад на леднике Кхумбу, по которому несколько экспедиций на Эверест доставляли тонны различных грузов. В 1951 году во время предварительной разведки пути, используя который англичане, наконец, два года спустя покорили вершину, ледопад был особенно активным. Руководитель разведывательной группы Эрик Шиптон писал: «Наш прежний путь рассекла широкая трещина, и только через полтора часа упорных поисков мы нашли через нее дорогу. Эта остановка была не очень серьезной, хотя она послужила полезным предостережением против нашей чрезмерной самонадеянности. Настоящие затруднения начались после того, как мы перешли трещину. Здесь, на расстоянии ста ярдов от сераков, мы нашли большие перемены. Ледяные глыбы и утесы, разбросанные раньше на огромной территории, были разбиты и лежали теперь грудой развалин, как будто после землетрясения. Очевидно, что все это было вызвано внезапным движением льда, которое произошло за последние две недели. Нам невольно пришла в голову мысль, что, если бы мы продолжали прокладывать линию связи через ледопад и если бы наши люди оказались в то время на этом участке ледника, вряд ли кто-нибудь из них остался бы в живых. Более того, то же самое может случиться и на других участках ледопада.

Однако, что касается нашей непосредственной задачи, мы надеялись, что катастрофа, случившаяся со льдом, не лишила новую поверхность твердого основания, хотя она выглядела такой разбитой и внушающей тревогу. Мы обвязались одной связкой с промежутками в 100 футов друг от друга и, двигаясь очень осторожно, нащупывая каждый шаг ледорубами, рискнули пойти через этот разрушенный участок. Все казалось таким ненадежным, хотя было трудно сказать, имело ли это событие местный характер или оно затронуло все пространство ледника. Хиллари шел впереди, прорубая дорогу через глыбы льда, когда одна маленькая глыба упала в пустоту под нами. Послышался продолжительный шум, а поверхность, на которой мы стояли, начала сильно сотрясаться. Я думал, что она вот-вот треснет, а шерпы, поступив, возможно, несколько нелогично, бросились навзничь. Несмотря на пережитые тревожные минуты, нас беспокоила не столько эта разбитая местность, сколько участок под нами, расколотый множеством новых трещин, грозивших, казалось, еще одной катастрофой. Мы отступили на крепкий лед

немного ниже и попытались найти менее опасный путь. Уйти далеко влево мы не могли, так как там нам угрожали бы висячие ледники. Исследовав территорию справа, мы убедились, что опустошению подвергся намного более обширный район. Кроме того, над нею возвышалась линия чрезвычайно непрочных сераков».

Разведывательной группе по восхождению на Эверест пришлось очень трудно, когда она преодолевала ледопад; но если бы Кхумбу двигался приблизительно с такой же скоростью, как ледник Блэк Рэпидз, Шиптону пришлось бы сообщить, что ледник непроходим, а Эверест с этой стороны неприступен, и, возможно, этот пик так и остался бы непокоренным. Оказалось, что во время восхождения в 1953 году ледопад, по сообщению Хиллари, был несравнимо более трудно преодолим, чем в 1951 году, когда группа Шиптона штурмовала Эверест.

Благодаря тому что по бокам ледник движется медленнее, трещин здесь не так много, как на середине. Поэтому иногда можно обойти трещины, придерживаясь боков ледника. Однако, как знают все альпинисты, из-за угрозы снежных и ледяных обвалов с крутых склонов долин пользоваться таким путем бывает равносильно самоубийству. Поэтому альпинисты вынуждены идти по осевой, иногда самой неровной части ледника.

Выше, где лед покрыт снегом и фирном, восхождение может быть легче, но даже и тут нужно постоянно быть начеку. Многие альпинисты проваливались в глубокие расселины, ступив на ненадежные снежные мосты, и погибали.

В конце зимы и в начале весны 1898 года несколько тысяч золотоискателей, надеясь быстро разбогатеть в только что открытых золотоносных районах на Аляске, высадились в порту Вальдес у вершины Аляскинского залива. Единственный проходимый путь через горы в глубь материка лежал через перевал Вальдес—Клутина. Но перевал и долины по обе стороны от него были забиты массой льда длиной 30 км или более: ледником Вальдес на юге от перевала, ледником Клутина — на севере. Казалось бы, такой долгий и изнурительный путь через не исследованный в то время район, где находился ледник, который ничего другого, кроме страха, внушить не мог, должен был заставить большинство людей, проводивших свою жизнь в Питтсбурге, Чикаго и других городах, поколебаться, а возможно, и отказаться от дальнейших приключений. Но опасности этой «дороги» не были помехой для алчных золотоискателей. Побуждаемые перспективой разбогатеть, они с уверенностью в успехе отправились из Вальдеса к подножию ледника, находившегося в 6,5 км к востоку. Некоторые несли на себе провизию и инструменты, другие тянули или толкали тяжело нагруженные сани. У более обеспеченных были собачьи упряжки и даже лошади и мулы.

Беда не заставила себя долго ждать. Трудности начались с первого шага, сделанного по леднику. Они как бы предупреждали, что худшее еще впереди. Люди соскальзывали в трещины, а потом, покрываясь испариной, с проклятиями выбирались из них. После того как было преодолено первое препятствие, по отлогой поверхности ледника двигаться стало довольно легко. Но в двух-трех местах, где ледник, по-видимому, течет по круто падающим уступам на дне долины, поверхность льда вновь оказалась иссеченной трещинами. Перед такими трудными участками возникали целые палаточные городки. В ожидании своей очереди пройти по узкой опасной тропинке в таком городке жило по 300—400 человек. Преодолев 25 изнурительных километров по льду, люди подошли к последнему большому препятствию — к перевалу. Чтобы на него взобраться, нужно было форсировать крутой и длинный снежный склон высотой 300 м. Поднять сани на этот склон можно было только при помощи блока. У подножия склона люди тоже разбивали большие палаточные городки. После перевала золотоискателям оставалось пройти еще 10 км по льду, но уже вниз.

Им пришлось перенести невероятные лишения. Большинству золотоискателей потребовался месяц или больше, чтобы доставить оборудование и годовой запас продовольствия через эти тридцать с небольшим километров ледниковой дороги. Приходилось по нескольку раз поднимать снаряжение, так как его было слишком много, чтобы перенести за один раз. Немало времени уходило на то, чтобы вытаскивать друг друга и животных из трещин. В конце весны началось таяние снега и льда и людям пришлось пробираться по пояс в воде. В продолжение нескольких недель двигаться можно было только ночью, когда вода замерзала. Постоянную угрозу представляли снежные оползни с очень крутых склонов долин, и путники не раз были свидетелями того, как все их пожитки, а вместе с ними и надежды, безвозвратно исчезали под снежными обвалами. Погибло много собак и лошадей и несколько человек, попавших в трещины или застигнутых оползнями.

Везде находятся охотники разбогатеть на чужой беде. Вблизи верховьев ледника одно время дрова продавались по доллару за фунт. Дрова ценились на вес золота, так как они нужны были для приготовления пищи и обогрева палаток тем золотоискателям, у которых не было с собой керосиновых печей; единственным способом обойтись без покупки дров было нарубить их в лесах близ Вальдеса и доставить по опасному ледниковому пути вместе с продовольствием и снаряжением.

Дорога в землю обетованную может быть трудной и полной лишений, но, если человек надеется получить достойное вознаграждение, многие пойдут по ней. Побуждения,двигающие такими людьми, очень сильны, независимо от того, является ли

целью золото, получение знаний, изучение неизведанных земель или покорение горных вершин. И хотя люди, подвергаящие себя лишениям, неотделимым от поисков, по происхождению разные, всех их объединяют большой запас жизненных сил, мужество, воля и непреклонная вера в победу.

Несмотря на лишения и страдания, более четырех золотоискателей использовало узкую дорогу через ледник Вальдес—Клутина весной 1898 года. Однажды здесь вытянулась, словно вереница муравьев, группа в две с половиной тысячи человек. Вероятно, пройдет еще немало времени, прежде чем современные дороги на Аляске испытают такую перегруженность движения. Несколько других ледников на юго-востоке Аляски тоже служили путями сообщения в эпоху золотой лихорадки, но по числу людей, переправлявшихся по ним, они не идут ни в какое сравнение с ледником Вальдес—Клутина.

К середине лета поток людей иссяк, а многие из тех, кто прибыл на место раньше, плелись назад по ледниковой дороге, охваченные желанием бежать из страны, которая отняла у них весь их скарб, ничего не дав взамен, кроме крушения надежд. Золотая лихорадка была недолговечной драмой, но ледник сыграл в ней очень важную роль. Открытие в 1899 году дороги на материк через узкий каньон реки Лове (продолжением этой дороги теперь является шоссе Ричардсона) в общем положило конец путешествиям по ледниковой трассе. Лишь изредка люди обращались к ней после этого.

Начиная с 1912 года транспорт, доставлявший грузы на золотые рудники Рамсай—Рузерфорд, в течение 50 лет пользовался дорогой, проложенной через восьмикилометровый нижний участок ледника Вальдес. Но дорогой, которой шли золотоискатели в 1898 году, с тех пор, по-видимому, никто не ходил до лета 1959 года, когда доктор Лоуренс Е. Нильсен возглавил экспедицию, организованную с целью повторить путь первых золотоискателей. Группа Нильсена, однако, испытала значительно меньше неудобств, чем искатели счастья за 61 год до нее. Самолет типа «Супер Каб» доставлял отдельно каждого члена экспедиции вместе с продовольствием и снаряжением от Вальдеса до перевала в верховьях ледника. Отсюда двигались по дороге, ведущей к концу ледника Клутина, назад к базе у перевала, затем вниз по леднику Вальдес к городу Вальдес. За две недели, проведенные в этом районе, было совершено восхождение на шесть пиков, причем на некоторые из них люди поднимались впервые, и исследовано несколько ледников-притоков. Путешественники 1898 года расценили бы такие чудачества как чистое безумие, но чего бы только они ни дали, чтобы перелететь через горы на самолете!

Членов экспедиции Нильсена охватило волнение, когда, спускаясь с ледника Клутина, они увидели сотни оставленных золо-

тоискателями предметов, разбросанных на протяжении 3 км или более. Здесь были лыжные ботинки, части палаток и собачьих упряжек, обугленные остатки дров, мешки и даже женский ботинок. Некоторые из этих вещей, оставленных или потерянных в фирновом бассейне, выходили из снега на поверхность, пролежав во льду 61 год. Когда экспедиция стала спускаться с ледника Вальдес, кто-то подобрал полную магазинную коробку от пистолета; потом стали попадаться лопаты, фляги, керосиновые печи, утварь и многое другое. Члены экспедиции поняли, что наткнулись на место, где был когда-то большой палаточный городок, разбитый у подножия длинного и крутого склона под перевалом через вершину; но теперь он продвинулся на 1,6 км дальше вниз по долине. Если бы городок был расположен ближе к середине ледника, а не вдоль его боков, где трение льда о склоны долины замедляет его движение, место городка продвинулось бы еще дальше. Среди «реликвий» было обнаружено множество собачьих костей и почти целый скелет лошади — немых свидетелей борьбы, в которой люди доходили до пределов истощения, а их животных постигала еще более тяжелая участь.

АЛЬПИНИСТЫ С УДОВОЛЬСТВИЕМ ПОЛЬЗУЮТСЯ САМОЛЕТАМИ

Когда в 1932 году небольшой снабженный лыжами самолет высадил Аллена Карпэ и Теодора Ковена на ледник Мулдрю на горе Мак-Кинли, альпинизм вступил в новую эру. Самолеты могут доставить людей и снаряжение высоко на ледники, даже в цирки, избавив альпинистов от необходимости подниматься по трудной дороге и тащить на себе припасы и снаряжение.

Ледники в качестве посадочных площадок для самолетов использовались и раньше. В 1919 и 1928 годах они приземлились на Юнгфрауихе, а в 1921 году самолет сел на фирн на высоте 4350 м близ вершины Монблана. Но это были рискованные посадки, предпринимавшиеся искателями сильных ощущений.

Более серьезная попытка использовать ледники как посадочные площадки была предпринята в 1929 году, когда самолеты Первой антарктической экспедиции Бэрда опустились на ледниковый покров. С тех пор без самолетов не обходилось ни одно исследование этого закованного в лед континента.

Но посадить самолет на почти горизонтальную заснеженную поверхность ледниковых покровов Гренландии и Антарктиды — это не совсем то же, что совершить посадку на горный ледник. В последнем случае пилоты подвергаются большему риску. Им приходится бороться с непредвиденными причудами атмосферы, например со своенравными горными ветрами, внезапно начи-

нающими дуть то сверху вниз, то наоборот, которые могут разбить самолет, бросив его на скалистые стены, или так же неожиданно швырнуть на неровную поверхность ледника. Пройдя через все эти опасности, пилот может посадить свою машину на маленькую наклонную поверхность фирнового поля на краю зияющей трещины. Чтобы взлететь с такой площадки, нужно проявить не меньше самообладания. Но есть летчики, для которых такая работа стала обычной, особенно на Аляске, где они приобрели большой опыт приземления на снежные площадки в отдаленных районах задолго до того, как альпинисты и ученые призвали их на помощь, чтобы предпринять более рискованные посадки и взлеты с более высоких ледников.

Во многих случаях место, на которое пилот сажает свой самолет, до этого исследуется с воздуха, а иногда и с суши. И хотя оно не всегда бывает вполне надежным, но по сравнению с другими, по-видимому, является самым подходящим из всех доступных мест. В 1950 году Фреди Виссель из Сент-Мориса и Германн Гейгер из Сиона стали пользоваться этой новой техникой для посадки самолетов в почти недоступных местах высоко в Альпах. В результате их усилий альпийские хижины и гидроэлектрические установки получают снабжение, с самолетов ведутся наблюдения за исправностью высоковольтных линий, а горные деревни, отрезанные от мира снежными обвалами, получают все необходимое.

Наибольшему риску подвергаются пилоты, когда они летят в горы за больными и ранеными. Пилот Германн Гейгер спас сотни раненых лыжников и альпинистов в разных концах Альп. Ему приходилось сажать свой «Супер Каб» на крошечные леднички, цепляющиеся за крутые стенки цирка. В свое время он установил рекорд, опустившись на Монте-Розу (на высоте 4200 м).

Рекорды высоты живут недолго. В июне 1959 года Торрис Мур, выполняя задание армии США по программе испытаний самолетов, предназначенных для использования в высокогорной местности, посадил свой «Супер Каб» на увенчанную льдом вершину горы Санфорд в горном массиве Врангеля на Аляске на высоте 4860 м, проложив путь для двух армейских двухмоторных вертолетов, которые приземлились здесь вскоре после него.

Через 11 месяцев после этого Линк Лаккит два раза побывал на своем вертолете на горе Мак-Кинли на высоте 5220 м и взял на борт двух раненых альпинистов. В это же время летчик Дон Шелдон, имеющий большой опыт посадок на горные ледники, сел на легком самолете в фирновом бассейне Мак-Кинли на высоте 5200 м, чтобы забрать заболевшего альпиниста. Это была очень смелая спасательная операция. При посадке Шелдон руководствовался в основном инструкциями, переданными из Бостона Брэдфордом Уошберном, который, ве-

роятно, лучше, чем кто-либо другой, знает рельеф Мак-Кинли и сам был одним из пионеров в деле использования самолетов для исследования и изучения ледников Аляски и Юкона.

Ледники будут и дальше служить в качестве путей к высоким вершинам, а также для поддержки альпинистов и научных экспедиций. Посадка легких самолетов на горные ледники, кроме того, несомненно станет и спортом отважных. Террис Мур, летавший на гору Санфорд отчасти с научными целями, назвал такие посадки «самым возвышенным видом спорта для самых неизнеженных людей».

Точку зрения Мура разделили многие. Теперь экскурсии с посадкой самолетов на высокогорные ледники в Альпах превратились в процветающее коммерческое дело. Приехав в Ситтен в Валле Бланш, вы можете выбрать любой из 30 маршрутов воздушных экскурсий с высадками на Ронский ледник и на некоторые другие в окрестностях Маттерхорна и даже на фирновое поле высочайшей горы в Швейцарии — Монте-Роза. В продолжение ряда лет на покрытые снегом и фирном ледники на парашютах сбрасывалось лишь снабжение для альпинистов. Однако недавно таким же способом на ледники стали высаживаться и люди. Любители спускались на парашютах даже на фирны Монблана. Но подобные трюки могут позволить себе лишь опытные альпинисты, так как без предварительной акклиматизации нельзя долго выдержать пребывание на такой высоте.

ОТКУДА БЕРЕТСЯ ВОДА?

Вода, бегущая бесчисленными потоками с ледников, питает многие крупнейшие реки мира. Самая длинная река на Земле — Нил* — берет свое начало из маленьких ручейков, стекающих с ледников горного массива Рувензори. Часть воды самой полноводной артерии на Земле — Амазонки — рождается из снега и льда высоких Анд. Гораздо больше воды ледники дают Инду, Брахмапутре и священному Гангу, которые вытекают из ледников Гиндукуша, Каракорума и Гималаев. Покинув горы, Инд на протяжении 1120 км течет через пустыню Тар и возвращает морю живительную влагу, которую за много лет до этого муссоны перенесли над этой иссушенной землей в противоположном направлении и сбросили в виде снега на самые высокие горные хребты.

Многие реки, вытекающие из ледников, почти сразу становятся полноводными. На одной лишь Аляске сотни таких рек: Матапуска, Хитина, несколько притоков реки Медной и много других.

Благодаря ледникам в горах Британской Колумбии, служащим источником питания реки Колумбии, она числится третьей по величине рекой в Соединенных Штатах.

Рона и По, Рейн и Дунай — все эти реки многим обязаны ледникам Альп. Благодаря своим ледникам Альпы являются одним из величайших в Европе потенциальных источников гидроэнергии. Каждое лето, когда на более низких уровнях исчезает снег, талая ледниковая вода продолжает питать реки. Кроме того, ледники образуют огромный резерв воды на случай, когда район поражается засухой или когда уменьшается выпадение снега, как это не раз бывало в средние века и раньше. Если опять наступит такое время, ледники, даже отступающие, смогут снабжать реки водой многие годы, возможно, даже на протяжении очень долгого теплого или сухого периода.

* Длина Нила 6670 км.

Несколько больших альпийских ледников было тщательно изучено, так как они служат источником воды, которая используется для производства электроэнергии. За период в несколько лет с большой точностью были определены их толщина, скорость движения и количество стекающей с них талой воды. Ведутся наблюдения за ежегодными наступаниями или отступаниями концов ледников. Нужно еще найти ответы на многие вопросы, например: долго ли будут существовать ледники, если наступит теплый и сухой период? Сокращаются ледники или увеличиваются? С какой скоростью?

Жители Швейцарии и их близкие соседи «не спускают глаз» с ледников. И это не удивительно, так как судьба этих людей тесно связана с поведением ледников. Существует, например, постоянная опасность, что лед может двинуться на деревни и перерезать линии коммуникаций. За ледниками пристально наблюдают не только в Альпах, но и в других густонаселенных районах, использующих для своих нужд ледниковую воду. Изменения в их поведении сказываются на орошении, водоснабжении, производстве электроэнергии и на многом другом. У города Боулдер (штат Колорадо) есть свой собственный маленький ледник Арапахо, бесперебойно удовлетворяющий потребности города в чистой холодной воде.

Ледник Нисквалли на горе Рейнир — один из тех ледников Соединенных Штатов, за которыми следят особенно внимательно. Вместе с несколькими другими соседними ледниками он питает реку Нисквалли, снабжающую город Такому гидроэнергией. Каждые пять лет геологи составляют подробную карту трехкилометровой нижней части ледника, чтобы определить изменения в количестве льда. Идея наносить на карту изменения в положении и состоянии ледника зародилась в 1931 году, когда длительное отступление ледников во всем мире, особенно ускорившееся в 1920 году, в том числе сокращение ледника Нисквалли, вызвало тревогу.

За последние 40 лет исчезло много небольших ледников в Скалистых, Каскадных и других горах. Множество рек, которые прежде после весеннего таяния снега становились полноводными, теперь сильно уменьшились в размерах и даже пересыхают во время жаркого периода лета.

В ряде населенных пунктов западных штатов США и Канады, водоснабжение которых зависит от ледниковых рек, происходит небывалый рост населения. И это будет продолжаться. В основу расчетов водоснабжения этих населенных пунктов положены данные о водности рек, полученные за несколько последних десятилетий, когда наблюдалось ускоренное сокращение ледников и когда ледники давали большое количество талой воды. Подобные расчеты могут создать ложное впечатление безопасности, так как не предусматривают возможного недос-

татка воды в будущем в том случае, если ледники растают или вследствие изменений климата перестанут сокращаться.

Даже усиленное таяние ледников, наблюдаемое ныне, по-видимому, не сможет удовлетворить ненасытные потребности цивилизации. Человек пытается извлечь из ледников больше влаги, чем они могут дать в результате естественного таяния.

На протяжении многих лет китайские крестьяне в некоторых западных провинциях Китая «чернили» ледники, разбрасывая по льду лёсс, чтобы ускорить таяние и таким образом получить больше воды для поливки полей. Экспериментируя на ледниках Тянь-Шаня, советские ученые недавно нашли, что тонкий слой угольной пыли, развеянной по поверхности льда в количестве около 5 т на 1 кв. км, увеличивает поглощение солнечной радиации и заметно усиливает таяние льда. Установлено, что таким путем можно повысить ежегодный приток воды в горные реки на 50%. Однако подобным методом нужно пользоваться с осторожностью, чтобы не лишиться надежных источников воды и не потерять, как говорят, ни основного капитала, ни процентов с него. Ведь потребуются много лет, чтобы уничтоженный таким образом ледник снова обрел свои прежние размеры. А может случиться, что он никогда их больше и не достигнет.

Хотя благодаря работам, которые ведутся по опреснению морской воды, вопросы водоснабжения в приморских районах станут со временем менее острыми, стоит иметь в виду, что правильное применение способа получения воды путем «зачернения» ледников могло бы в некоторых местах исключить необходимость постройки дорогостоящих плотин, которые рано или поздно вследствие заиления образованных ими водохранилищ делаются бесполезными. Конечно, пока не разрешена проблема транспортировки огромных количеств «чернящего» материала, ледникам не угрожает опасность погибнуть от применения этого метода. Однако для Китая, располагающего безграничными людскими силами, проблема транспортировки, возможно, не будет служить препятствием.

ТАМ, ГДЕ СЛИШКОМ МНОГО ВОДЫ

Мужественный народ Исландии, которому с тех пор, как он заселил остров, не раз приходилось вступать в борьбу с ледниками и вулканами, хорошо знает, что происходит, когда значительная часть массы ледника неожиданно превращается в воду. В этой суровой стране извержения вулканов, покрытых ледниками, не раз порождали опустошительные наводнения. Доктор Сигурдур Тораринссон в своей книге «Тысячелетняя борьба со льдом и снегом» описывает один такой «взрыв глетчера», вызванный извержением вулкана Катла в 1918 году. Максимальное количество воды, образованной таянием ледника,

было втрое больше, чем расход воды в устье Амазонки.* Этот «потоп» уничтожил все признаки жизни на широкой прилегающей к леднику равнине, которую люди населяли в течение многих сотен лет.

Под Ватна-Иокулем, величайшей ледяной шапкой Исландии, на его западной стороне существует постоянный центр вулканической деятельности. Лед здесь непрерывно растапливается, образуя огромный подледниковый резервуар. В среднем один раз в 10 лет вся эта вода сбрасывается с ледника.

Всюду, где есть ледники, за исключением холодной Антарктиды, встречаются водные потоки другого рода. Они рождаются в запруженных льдом озерах. Когда ледник, наступая, закупоривает вход притока в долину, подпруженная река в этой долине разливается в озеро; со временем вода из озера прорывается в виде бурного потока, и озеро после этого быстро осушается. Если ледник снова начнет продвигаться вперед, он опять может запереть боковую долину и снова образовать там озеро. Отступление ледника, освободив воду в озере, вызывает новое наводнение. Некоторые ледники ведут себя таким образом в течение многих лет.

Ущерб населению причиняют не только стремительные воды потоков, но и сами озера, которые нередко затапливают возделанные земли. Один из самых больших аргентинских ледников — Морено, который питается льдом из обширного ледяного поля на гребне Анд, в продолжение многих лет наступал по долине Лаго Рико. В 1939 году жители долины беспомощно наблюдали, как уровень озера, запруженного языком ледника, поднялся на 6,3 м выше обычного. В конце концов вода нашла себе выход, пробившись через трещины во льду, которые она расширила до размеров каналов; часть воды ушла подледным путем, после того как ледник всплыл. В 1942 году непрерывно наступавший ледник снова перекрыл долину и на этот раз поднял воду в озере почти на 17 м. Вода залила много тысяч акров** возделанных земель и пастбищ.

Прорыв запруженного ледником озера в Андах в 1934 году вызвал неожиданное наводнение на реке Мендоза в Аргентине, в результате чего погибло несколько человек, уничтожено 7 железнодорожных мостов и разрушен почти 13-километровый участок железной дороги через Анды. В Андах время от времени образуются и другие запруженные льдом озера, и во всех случаях их относительно короткое существование заканчивается наводнениями. В перуанских Андах сильные наводнения, вызываемые спуском воды из озер, блокированных льдом, называются *huaucos*.

* Средний годовой сток Амазонки равен 3800 куб. км.

** акр=0,4 гектара.

Много запруженных ледниками озер существует вблизи концов ледниковых языков Ватна-Йокуля в Исландии. Вода в этих озерах поднимается до тех пор, пока ледяной барьер не всплывет. Как только это случится, вода начинает выливаться из-под него стремительным потоком. Самое большое ледниковое озеро Исландии, которое прежде опорожнялось примерно через каждые четыре года, теперь вырывается из-под своей ледяной плотины приблизительно один раз в два года, так как ледник, сковавший озеро, стал тоньше. Теперь, чтобы лед мог всплыть, воде не нужно подниматься так высоко, как прежде, и поэтому для заполнения и осушения озера требуется меньше времени.

На Аляске среди многих озер, подпруженных ледниками, самым известным и, вероятно, величайшим в мире является озеро Джордж, расположенное в 65 км от Анкориджа. Оно лежит в долине за барьером, образованным ледником Ник. Этот 40-километровый поток льда, истоки которого находятся в высочайшей части Чугачских гор, заканчивается в нескольких километрах ниже устья большой боковой долины, эффектно загромодив ее ледяной плотиной шириной почти 11 км. Каждый год весной и ранним летом дожди и талые воды начинают поднимать уровень озера до тех пор, пока оно не достигнет почти 22 км в длину и 3—6 км в ширину. Затем вода — вначале тонкой струйкой, а через несколько часов ревущим потоком — начинает переливаться через край вдоль канала, образовавшегося между краем ледника и склоном долины. Этот поток, ограниченный на протяжении 8 км твердой горной породой с одной стороны и ледником — с другой, быстро углубляет канал, все дальше врезаясь в лед. Большие куски подмытого льда с грохотом падают в бурлящую воду, разбиваясь на множество более мелких. Река Ник относит некоторые обломки льда на 40 км к морю.

Наводнения, порождаемые озером Джордж, иногда смывают участки дороги Анкоридж—Пальмер, пересекающей реку Ник в 112 км от конца ледника, и Аляскинскую железную дорогу, которая проходит в 11 км ниже по течению.

Разлив обычно начинается в конце июля или в начале августа. Приблизительно через неделю озеро опорожняется и наводнению приходит конец. Зимой в результате движения ледника выводной канал, медленно суживаясь, закрывается, и к апрелю все готово для нового образования озера и еще одного наводнения в конце лета. Озеро Джордж посещает мало людей. Еще меньше людей было свидетелями того, как бушующий поток с шумом выливается из него вдоль реки Ник. Но миллионы людей во всем мире с благоговейным чувством смотрели на это зрелище в замечательном фильме «Белая пустыня», созданном Уолтом Диснеем.

На протяжении 1400 км между Анкориджем и Портленд-каналом в южной оконечности Аляски через береговые горы проходят только две дороги, связывающие внутреннюю Аляску и Юкон с морем.

Еще одна дорога — автострада вдоль реки Медной, завершенная пока на одну треть, — будет постоянно находиться под угрозой со стороны ледников, если по причине климатических изменений, землетрясения или каких-нибудь других явлений ледники начнут наступать.

Через вершины береговых гор проводить дороги нельзя, так как все перевалы покрыты льдом. Единственные участки, доступные для строительства дорог, имеются в трех или четырех долинах, прорезанных в горах реками. В ближайшее время будут, по-видимому, проложены дороги по долинам Стикина и Таку. Дорога по долине Таку свяжет большой изолированный район в северной части Британской Колумбии с морем у Джуно. Низовья долины, однако, ежегодно подвергаются наводнениям, когда разливается озеро Тульсеква, запруженное одноименным ледником. Этот ледник лежит на территории Британской Колумбии, но питается из ледяного поля Джуно на Аляске. Долина Стикина тоже периодически подвергается наводнениям по той же причине, что и долина Таку.

На Аляске намечено осуществить огромную программу дорожного строительства. Пройдет немного лет, и не тронутые пока пустыни будут пересечены сотнями километров шоссейных дорог, которые дадут возможность эксплуатировать леса и земные недра, а огромные пространства сделают доступными для сельского хозяйства. Некоторые дороги будут проложены по долинам до ледниковых языков, другие — вдоль ледников. Много дорог протянется вдоль рек или через реки, питаемые талыми водами ледников и пополняемые водами из запруженных льдом озер.

Жителям Аляски придется и дальше мириться со своими ледниками и наводнениями: им некуда деваться от них. Запруженные льдом озера могут появиться там, где сейчас их нет. Поэтому при планировании новых дорог и поселений нужно знать и учитывать силы природы, которые столь бурно проявляют свой нрав на Аляске. В противном случае могут погибнуть люди и материальные ценности, к тому же стоимость содержания дорог сильно возрастет.

Иногда в самый разгар сезона таяния на ледник выпадают обильные теплые дожди. Тогда различные явления — обычное таяние, сильные дожди и усиленное таяние, вызванное дождями, — способные каждое в отдельности образовать мощные потоки воды, сочетаются, и в некоторых случаях происходят не менее страшные наводнения, чем те, какие вызывает прорыв воды из ледниковых озер.

Несколько наводнений такого типа оставило свои следы на горе Рейнир. В 1947 году в Каутц-Крике, расположенном ниже ледника Каутц, после того как на ледник пролились сильные теплые дожди, высоко поднялась вода. Когда наводнение окончилось, от нижней части ледника протяженностью 1,5 км не осталось и следа.

Наводнения, вызванные освобождением огромных масс воды во время «взрывов» ледника, не похожи на обычные, когда о возможной опасности предупреждает медленный подъем воды. Первый и единственный признак ледникового наводнения — это само наводнение, стена воды, несущейся с большой скоростью и обладающей невероятной энергией. Она смывает и уносит почти все, что попадает ей на пути. Один из *huaucos* в горах Кордильера-Бланка в Перу вынес валун диаметром 4,5 м в долину, расположенную в 24 м над руслом потока, и похоронил нижнюю часть долины под слоем обломков толщиной 42 м.

Так как наводнения, вызываемые ледниками, влекут за собой человеческие жертвы, разрушают города, гидроэлектрические сооружения, дороги и уничтожают возделанные земли, предпринимались различного рода попытки уменьшить наносимый ими ущерб. Во многих случаях ставили специальных наблюдателей, которые должны были предупреждать о наводнениях. Наводнения, порождаемые озером Джордж и озером, рожденным ледником Тульсеква, происходят почти в одно и то же время каждое лето, так что ни для кого не являются неожиданностью. Но в течение опасного сезона у железнодорожных и шоссейных мостов через реку Ник необходимо ставить людей, вооруженных техникой, чтобы удалять от мостов плавающие обломки. Однажды, когда ледник Морено в Аргентине поднял уровень воды в озере Лаго Рико, с самолета было сброшено несколько 500-килограммовых бомб. Но попытка разбить ледяную плотину не увенчалась успехом.

В течение многих сотен лет, особенно с XV до XIX века, наводнения из запруженных ледниками озер были бедствием для жителей ледниковых долин в Альпах. Поэтому именно там составлялись наиболее тщательно разработанные проекты контроля за разливом воды. Повторные наводнения из озера Марьелен, запруженного Большим Алечским ледником, были предотвращены путем отвода воды через туннель, который был пробит в соседней горе, в другую долину. Теперь, еще до того как вода в озере поднимается до критического уровня, она медленно уходит через туннель, не принося никакого вреда.

Норвежское правительство тоже ведет обширные работы по изучению озер, блокированных льдом, и собирается начать строительство отводных туннелей у одного из озер, расположенного в районе ледяного поля Свартисен в северной части страны.

Возможно, что подобные меры по контролю за наводнениями в некоторых подпруженных ледниками озерах будут в ближайшем будущем приняты также и на Аляске.

НАВОДНЕНИЯ В ДАЛЕКОМ ПРОШЛОМ

Современные наводнения и вызываемые ими последствия описаны людьми, наблюдавшими их. Но еще задолго до того, как человек научился записывать свои мысли, случались ледниковые «взрывы», намного превосходящие по масштабам те, свидетелями которых стал современный человек. Некоторые величайшие озера мира образовались в результате отступления ледников, некогда покрывавших большую часть Северной Америки и Европы. Глубокие долины, по которым теперь текут реки, слишком маленькие для того, чтобы они могли их прорезать, или в некоторых случаях вообще лишенные текучей воды, были созданы древними потопами.

Когда ледники заполнили долины северной части Скалистых гор и распространились на юг и запад к окраинам огромного Колумбийского плато, через него хлынули огромные потоки талой воды, пришедшие, по мнению некоторых геологов, из запруженного ледниками большого озера Миссула в западной части штата Монтана. Талые воды прорвались на Колумбийское плато в районе нынешнего города Спокан в штате Вашингтон. Вода устремилась на юго-запад, заливая тысячи квадратных километров земли, и превратила сотни небольших долин в глубокие каньоны, получившие теперь название «кули». Эта большая система каньонов, среди которых наиболее известен Гранд-Кули, дала всему району название «скабленд»*. Отсюда вода вошла в теснину в нижнем течении реки Колумбии и вышла через Каскадные горы к морю.

Случись это наводнение в наши дни, оно затопило бы город Спокан, разрушило бы плотины на Гранд-Кули и реке Бонневилл и Ханфордские заводы, находящиеся в ведении Комитета по атомной энергии, смыло бы почву с миллионов акров сельскохозяйственных угодий, нанесло бы множество футов песка и гравия на другие миллионы акров и затем, пройдя через нижнюю часть теснины реки Колумбии, стерло бы с лица земли Ванкувер и Портленд.

Сегодня засушливые и полузасушливые области скабленда, слишком сухие, чтобы их можно было использовать в сельском хозяйстве, подвергаются другому наводнению, источником ко-

* В Америке скаблендом называют платообразные территории, превращенные эрозией в лабиринт крутостенных оврагов или каньонов, разделенных плосковершинными холмами. То же, что бэдленд («дурные земли»),

торого на этот раз служит вода, предназначенная для ирригации. В свою очередь источником этой воды являются ледники и ледяные поля в канадских Скалистых горах, остатки ледников, порождавших опустошительные наводнения в прежние времена. Гранд-Кули с его обсохшими водопадами и глубокими омутами (следы, оставленные пенящимся потоком, некогда мчавшимся здесь) превращен теперь в мирный резервуар. Его вода, орошающая миллионы акров пустынных земель, накачивается из озера Рузвельт, достигающего 200 км в длину и запруженного плотинной Гранд-Кули.

ЛЕДНИКОВЫЙ ПЕРИОД В ПОЛНОМ РАСЦВЕТЕ

БОЛЬШИЕ ЛЕДНИКОВЫЕ ПОКРОВЫ

2600-километровый гренландский покров имеет максимальную ширину 965 км, и большая его часть лежит над снеговой линией. Его поверхность представляет собой однообразную равнину, хотя на ней и встречаются широкие депрессии, выпуклости и даже долины. Вблизи края покрова лед обтекает скалистые возвышенности, которые выдаются из него, образуя нунатаки. Там, где лед толще, он переваливает через эти препятствия, но на их присутствие указывает волнистость ледниковой поверхности. В глубине острова, где лед достигает 900 м или более в толщину, на его поверхности подледниковый рельеф большей частью не сказывается.

Тонкие слои снега, покрывающего огромное пространство выше снеговой линии, со временем уплотняясь, образуют фирн. Когда фирн превращается в лед, он начинает двигаться, растекаясь из центральной части ледникового щита к его окраинам. Часть льда, чтобы достигнуть окраин, должна пройти 500—650 км. Как в этом случае движется лед и сколько времени у него уходит на этот путь, пока еще не известно.

В некоторых местах край ледника, надвинувшись на побережье, выступает в море. На западном побережье Гренландии близ большой авиабазы в Туле береговая линия залива Мелвилл на протяжении почти 400 км образована льдом.

Однако вокруг значительной части Гренландского ледника есть свободная ото льда полоса. В Туле ее ширина достигает 20 км, а в районе Готхоба, главного поселения острова, она равна 113 км. В некоторых местах эта краевая зона расширяется до 160 км и более. Внутри этого безледного пространства есть все же немало небольших мертвых ледников, ледниковых шапок и долинных ледников.

Постепенно лед из центра продвигается к периферии и упирается здесь в барьер береговых гор, окаймляющих большую

часть Гренландии. Давление льда увеличивается и направляет массы льда в долины и бреши в горном обрамлении, по которым лед и вытекает в виде отдельных ледниковых языков. Если внутри материка лед движется с незаметной скоростью, то, приближаясь к побережью, он начинает течь быстрее.

Спускаясь по долинам, ледниковые языки образуют фьорды в скалистых берегах и переносят в море обломки горных пород, отлагая их на дне фьордов. В отличие от горных долинных ледников, эти потоки льда волокут большую часть моренного груза по своему ложу и очень мало переносят его на своей поверхности. Там, где край ледникового покрова Гренландии омывается морем, большие глыбы льда отрываются непосредственно от него, образуя айсберги, хотя местом рождения большинства айсбергов являются быстро движущиеся отдельные ледниковые языки. Никто не знает, сколько льда поступает в море с побережья Гренландии, но, по мнению некоторых гляциологов, для создания обилия айсбергов достаточно, чтобы в море вносилось ежегодно 520 куб. км. льда. Однажды ледник Ринк на западном побережье за несколько минут сбросил в море 500 млн. т льда. И этот подвиг он повторяет приблизительно один раз в две недели. Многие айсберги, оторвавшиеся от ледников, достигают нескольких сот метров в длину, а некоторые — 1,5 км и больше, возвышаясь на 90 м над водой. Каждый год у берегов Гренландии рождается 10—15 тысяч больших айсбергов.

Самые крупные айсберги отрываются от фронтальной части ледниковых языков, когда последние, погружаясь в воду достаточно глубоко, всплывают. При этом конец ледника поднимается и откалывается от тела ледника. Меньшие айсберги обычно образуются в том случае, когда нижняя поверхность конца ледника тает под действием морской воды, лишая опоры выше лежащие массы льда; в конце концов они обламываются. Айсберги, возникшие таким образом, погружаются в воду с сильным шумом, потом, спустя минуту, снова вздымаются кверху, раскачиваясь, подобно гигантской морской свинье, и разводя огромную волну. После нескольких уменьшающихся по глубине погружений айсберги достигают равновесия и медленно уплывают.

Достигнув открытого моря, айсберги, дрейфующие вдоль восточного побережья, попадают в Восточно-Гренландское течение. Оно несет их вокруг мыса Фарвель у южной оконечности острова, после чего айсберги входят в Западно-Гренландское течение, которое доставляет их в пролив Дейвиса. Здесь многие из них в конце концов исчезают. Большинство айсбергов, дрейфующих вдоль западного побережья, выносятся этим же течением на север в Баффинов залив, иногда на расстояние нескольких сот километров; отсюда они поворачивают на запад по направлению к Баффиновой Земле. Затем, подхваченные

холодным Лабрадорским течением, идущим из Северного Ледовитого океана, они движутся на юг вдоль восточного побережья Лабрадора. Одни айсберги, попадающие на мелководье, медленно гибнут, другие проникают до Ньюфаундленда и южнее, пересекая морские пути в Северной Атлантике. Число таких далеких странников сильно меняется из года в год. Иногда их бывает больше 1000. Были годы, когда их насчитывалось меньше 20.

Отколовшись от своего родителя-ледника, некоторые айсберги путешествуют в течение трех лет, покрывая расстояние в 4000 км. Многие из них представляют большую опасность для судов, особенно в зоне южнее Ньюфаундленда, для которой характерны сильные туманы. После гибели в 1912 году «Титаника», столкнувшегося с айсбергом, была учреждена специальная международная Служба патрулирования, осуществляемая 14 государствами. Движение айсбергов регистрируется Береговой охраной США. С кораблей и самолетов патрули следят за движением айсбергов и извещают все суда об их местонахождении и необходимости уйти из опасной зоны.

Хотя большинство айсбергов, достигая Гольфстрима, быстро тает в теплой воде и вскоре разрушается, некоторые из них уносятся далеко на юг. Айсберги достигали Бермудских и Азорских островов, а в июне 1934 года один айсберг был замечен в центре северной части Атлантического океана, в районе 31° северной широты (на широте Джексонвилла в штате Флорида), в 3200 км к югу от южной оконечности Гренландии. Эти остатки айсбергов совсем небольшие и способны разве что отбить несколько кусочков краски с корпуса корабля или в худшем случае сделать небольшую пробоину.

К счастью, с айсбергами сталкиваются очень немногие суда. В промежуток между катастрофой с «Титаником» и 1959 годом такой несчастный случай произошел во время второй мировой войны в Северной Атлантике. Транспортное судно пошло ко дну, не получив предупреждения о возможности столкновения с айсбергом, так как во время войны Служба патрулирования временно бездействовала. Подводные лодки были тогда гораздо опаснее, чем айсберги.

Судьба, постигшая датское грузопассажирское судно «Ганс Гедтофт» 30 января 1959 года, — суровое напоминание о том, что, несмотря на радарные установки и другие современные средства навигации, опасность столкновения с плавучими ледяными горами далеко не устранена. «Ганс Гедтофт» был ультрасовременным кораблем, специально построенным для плавания в северных водах зимой. Он имел двойное стальное дно, его корпус был обшит броней от кормы до носа и состоял из семи водонепроницаемых отсеков. Судно было оснащено радарными установками и самыми современными электронными навига-

ционными приборами. Строители «Ганса Гедтофта» считали его непотопляемым (так же называли и «Титаник» его конструкторы и строители). Во время первого плавания из Копенгагена в Годхоб (Гренландия) все шло хорошо. Когда 29 января судно легло на обратный курс (в Копенгаген), не было особых причин предполагать, что обратный рейс будет более насыщен событиями, чем первая часть перехода. Но на следующее утро (как раз в этот день служба Береговой охраны приступила к своему ежегодному патрулированию), вскоре после того как «Гедтофт» обогнул мыс Фарвель, с борта судна поступило сообщение о том, что во время шторма у него произошло столкновение с айсбергом и оно идет ко дну.

Западногерманский траулер «Иоханнес Креусс», прибывший на место катастрофы через час после этого, ледорез «Кэмпбелл», принадлежащий Береговой службе, и несколько других судов и самолетов вели поиски в течение нескольких дней. Однако никаких следов «Гедтофта» и пассажиров, находившихся на его борту, не было найдено. Среди пассажиров, по иронии судьбы был Ауго Люнге, член датского парламента от Гренландии, настойчиво возражавший против постройки этого судна, так как, по его мнению, использование пассажирских судов для сообщений с Гренландией в январе, феврале и марте чересчур опасно. На борту имелось также 13 ящиков с национальными архивами, включающими документы начиная с 1780 года, которые были отправлены в Данию на хранение.

Хотя «Ганс Гедтофт» находился далеко за пределами тех районов, где обычно действует Служба патрулирования, опасений это не вызывало, так как его владелец капитан П. Л. Расмуссен был ветераном плаваний в Арктике и одним из самых уважаемых в стране полярных моряков. Трагедия произошла в водах, где, как известно, айсберги во множестве встречаются на протяжении всего года.

Столкновения между судами случаются нередко. Айсберг — это тоже своего рода судно, только неуправляемое. Капитаны судов, знающие, что в Северной Атлантике скитаются сотни и тысячи этих неуправляемых ледяных кораблей, очень внимательно следят за предупреждениями патрульной службы. Это и неудивительно. Многие айсберги превосходят по размерам самые большие океанские лайнеры. Считают, что водоизмещение айсберга, потопившего «Титаник» (водоизмещение которого было 45 тыс. т), равнялось 200 тыс. т. Бывают айсберги еще более крупные. При встрече с ними судно, конечно, может рассчитывать только на второе место, но не на победу.

Ледниковый покров Антарктиды тоже вносит свою долю льда в океан. Айсберги откалываются на обширном пространстве вдоль побережья, так как большая часть береговой линии материка состоит из льда. В Антарктиде есть много ледниковых

языков. Ледники Бирдмор, Леверетт и Роберт Скотт, текущие к морю Росса, достигают в длину более 160 км каждый. Но ни один из них непосредственно не поставляет в море ни единого айсберга. Они лишь участвуют в питании шельфового ледника Росса — огромного плавучего ледникового щита величиной с Калифорнию, на поверхности которого лежит очень мощный слой фирна, свидетельствующего о том, что шельфовый ледник питается не только ледниками*. По-видимому, по мере того, как шельфовый лед продвигается все дальше в море, он стаивает в подводной части и становится тоньше, но эта потеря частично компенсируется фирном, лежащим на его поверхности. На внешнем крае шельфового ледника, в нескольких сотнях километров от берега, вероятно, остается очень мало ледникового льда. Все шельфовые льды, развитые вокруг материка, подобны шельфовому леднику Росса, хотя некоторые содержат больше ледникового льда, чем он.

Ученые, работавшие по программе Международного геофизического года, определили при помощи сейсмического зондирования и бурения, что толщина шельфового ледника Росса в районе станции Литл-Америка составляет приблизительно 240—315 м и что ледник покоится на толще воды глубиной более 300 м. Его край, простирающийся на 800 км, т. е. на всю ширину моря Росса, обрывается к морю отвесной стеной высотой 30—45 м. Ближе к горам Королевы Мод шельфовый ледник толще и его поверхность приподнята выше, так как здесь большую часть своего льда он получает непосредственно от ледниковых языков. Край шельфового ледника движется по направлению к морю со скоростью около 150 см в год; несомненно, это происходит потому, что к нему все время прибавляется ледниковый лед, сползающий с материка.

Время от времени участки шельфового ледника отрываются и дрейфуют в море в виде огромных столовых айсбергов. Иногда такие айсберги достигают 80—160 км в длину и содержат больше льда, чем самый большой в мире долинный ледник. Американский ледокол «Глейшер» сообщил в 1956 году, что в водах Антарктики встречен айсберг величиной 95×335 км, т. е. по площади больше, чем штат Массачусетс**. Благодаря своим огромным размерам некоторые антарктические айсберги странствуют по южным морям в течение 10 лет и более. Хотя многие айсберги в Южной Атлантике доходят до широты Буэнос-Айреса, Служба патрулирования не следит за ними, так как они никогда не подходят близко к мировым морским путям.

* Площадь шельфового ледника Росса около 540 000 кв. км, штата Калифорния — 411 000 кв. км.

** Площадь штата Массачусетс 21 500 кв. км.

ТРЕЩИНЫ

На необъятных внутренних равнинах Гренландии и Антарктиды есть обширные пространства, где трещины во льду встречаются редко. Образованию трещин мешает то, что лед движется здесь медленно и с одинаковой скоростью. Там, где лед проходит по неровной поверхности, или растекается вокруг гор, или вливается в ледниковые языки, трещины образуются легко. В большой зоне, покрытой трещинами, в том месте, где ледниковый покров Антарктиды стекает с плато Рокфеллера к шельфовому леднику Росса, отдельные трещины достигают нескольких километров в длину и почти 30 м в ширину.

Когда через трещины «перекинуты» мосты из наметенного снега, пересекать их можно без опасений, особенно если члены экспедиции оснащены лыжами и идут в связке. Снежные мосты бывают настолько прочными, что могут выдерживать даже тяжело нагруженные собачьи упряжки. Но за последние десятилетия собачьи упряжки стали уступать место моторизованному транспорту, который применяется для обслуживания главным образом больших экспедиций в Гренландии и Антарктиде. Собачьи упряжки, однако, пока еще не собираются уйти в прошлое. Британская трансантарктическая экспедиция, возглавляемая Вивианом Е. Фуксом, использовала их в целях разведывания пути для мототранспорта и для поездок на небольшие расстояния. Когда экспедиция достигла полюса, надобность в собаках отпала, так как дальнейший путь был уже исследован и нанесен на карту; собак отправили самолетом на базу в проливе Мак-Мёрдо. Вот, по-видимому, и все, что осталось на долю собачьих упряжек в будущем. Люди, собаки и снаряжение будут доставляться на самолетах с основной базы туда, где должны производиться местные научные изыскания.

Большие моторизованные ледниковые экспедиции могут быть оснащены различного рода тракторами с большими прицепными санями, на которых можно перевозить многотонные грузы. Конечно, снежные мосты, способные выдержать такую тяжесть, встречаются редко. Если лед вблизи трещин тоже покрыт снегом, заметенную трещину не заметить. Однако ее необходимо каким-нибудь образом обнаруживать до подхода транспорта. Это можно было бы делать с воздуха, но с самолета трудно определить и сообщить наземной партии точное местонахождение трещины. Лучше всего для обеспечения безопасности путешествий по льду на тяжелом транспорте зарекомендовал себя электрический детектор трещин. С 1955 года, когда его достоинства были продемонстрированы в Гренландии, детектором пользовались многие исследовательские партии, работавшие на больших ледниковых покровах. В Антарктиде он был впервые применен в 1956 году поисковой партией сухопутных

войск и военно-морских сил США, которая проложила 965-километровый тракторный путь от станции Литл-Америка до станции Бэрд, служившей во время МГГ базой США в центре Западной Антарктиды.

Детектор находится на передовой машине партии. Кроме записывающего приспособления, он состоит из электродов, прикрепленных полукругом к раме, которая вынесена впереди машины на расстояние 9—12 м. Электрический ток, подаваемый в одну группу электродов, проходит через снег и лед в другую группу. Изменения напряжения тока, вызываемые различной плотностью снега и фирна, непрерывно регистрируются специальным приспособлением, установленным в кабине машины. Когда рама с электродами попадает на менее плотный снежный мост через трещину, ток сразу ослабевает и начинает пульсировать, а сигнальные лампочки в кабине предупреждают об опасности. Прибор действовал удовлетворительно при скорости до 32 км в час, хотя на таком ходу водитель машины может оказаться в трещине почти в то же время, когда вспыхнут сигнальные лампочки.

Когда во время МГГ велись большие операции по прокладке путей по льду, на проектируемых маршрутах встречались трещины, которых нельзя было избежать. В таких случаях снежные мосты взрывали динамитом. Снег засыпал трещины, кроме того, его туда дополнительно набрасывали, затем уплотняли и сглаживали. Только после этого дорога для тяжелых тракторов и грузовых саней становилась безопасной.

В Гренландии и Антарктиде бывало, что машины с людьми, проходя через снежные мосты, проваливались. Иногда людей удавалось спасти, но в ряде случаев они погибали. Некоторые машины падали на глубину 23 м; дальнейшему падению препятствовало сужение трещины, но люди падали на глубину 45 м. В Гренландии и Антарктиде из-за низких температур слой хрупкого поверхностного льда, по-видимому, толще, чем на ледниках умеренных зон. Может быть, поэтому на холодных ледниках трещины глубже. На ледниках Аляски, например, глубина трещин редко превышает 30 м.

Путешественников, пересекающих обширные покрытые льдом пространства, подстерегает множество других опасностей, но детектор для обнаружения трещин и разведка с воздуха существенно уменьшили их.

КАКОВ ВОЗРАСТ ЛЬДА?

Лед, возникший в огромном центральном районе Восточной Антарктиды, чтобы дойти до моря, должен преодолеть по крайней мере 1600 км. Даже если бы лед двигался со средней су-

точной скоростью 30 см, на такое путешествие потребовалось бы 15—20 тысяч лет. По-видимому, движение происходит гораздо медленнее, так как скорость некоторых ледниковых языков, текущих заметно быстрее, чем материковые льды, составляет немного более 30 см в сутки. Возможно ли, что в Антарктиде есть лед, возраст которого достигает миллиона лет или более? Возможно. Пока, однако, мы должны ограничиться предположениями. Когда ученые закончат обработку обширных данных, собранных во время Международного геофизического года (1957-58 год), и проведут дополнительные наблюдения, мы получим ответ. Но уже и теперь ледниковые покровы начинают раскрывать секреты своего возраста.

Важную часть гляциологических исследований на ледниковых покровах Гренландии и Антарктиды составляет взятие образцов льда на больших глубинах от поверхности. Это делается при помощи колонкового бурения. Бур, приводимый в движение мотором, углубляясь в лед, вбирает в свою трубку столбик фирна или льда. Части столбика периодически отламывают и извлекают на поверхность, где их снова составляют вместе. Так получается сплошная колонка фирна и льда, начиная от поверхности и до глубины, на которую проник бур. Полные колонки, более 300 м в длину, были взяты из ледникового покрова Гренландии и из шельфового ледника Росса в Антарктиде. Недавно военные специалисты США испытывали термический бур, который, как полагают, сможет пройти через массу льда толщиной 3 км. Этот бур, тоже имеющий форму трубки, с помощью электрического тока растапливает лед со скоростью около 15 см в минуту. Талая вода отводится в резервуар в верхней части бура, где она находится до тех пор, пока бур не вынут из скважины, что делается каждый раз, когда столбик пробы достигает 3 м высоты. Конструкторы уверены, что бур сможет достать даже образец коренной подстилающей породы на станции Бэрд в Антарктиде. После предварительной проверки в полевых условиях пробы укладывают в сухой лед и отправляют в лабораторию для точных анализов.

Несколько проб, взятых в Антарктиде, было доставлено американским ледоколом «Глейшер» в Бостон, а отсюда на рефрижераторных машинах в Исследовательский институт для изучения снега, льда и вечной мерзлоты (СИПРЕ)*, расположенный около Чикаго, в 16 000 км от того места, где эти пробы были взяты. Водители машин, вероятно, думали, что перевозят пиво, мебель или телевизоры. Им и в голову не приходило, что в кузовах находится самый древний лед на Земле.

* В 1961 г. СИПРЕ (SIPRE) был реорганизован в Исследовательско-инженерную лабораторию полярных районов (CRRIL) с центром в Хановере, штат Нью-Гэмпшир. (Прим. авт.)

В Гренландии можно различить годовичные слои льда возрастом в сотни и даже тысячи лет. Они особенно четко выражены там, где под воздействием летних температур поверхность ледника подвергается таянию. После вторичного замерзания образуются ледяные корки. Затем они снова покрываются снегом. Эти корки выделяются среди остальных слоев своим строением, похожим на строение неталого фирна. Ученые СИПРЕ нашли, что лед, извлеченный в Гренландии с глубины 50 м, образовался из снега, выпавшего во время Гражданской войны в Америке. А где-нибудь ниже лежит слой, отложенный в Гренландии в то время, когда солдаты Вашингтона переносили мучительную зиму в долине Форж.

Но на большей части Гренландии и почти во всей Антарктиде лед не содержит пылевых прослоек. Не образуются там и корки льда, которые отмечали бы годовичные слои, так как температура воздуха в этих районах всегда ниже точки таяния. В таких местах гляциологам трудно определить возраст льда, особенно если нет таких ориентиров, как слой 1912 года в северной Гренландии*, которые можно использовать для внесения поправок в подсчеты.

Чтобы больше узнать о том, как снег превращается в фирн, а затем в лед, и определить возраст льда, на научных станциях и базах в Антарктиде и Гренландии были вырыты глубокие шахты. Благодаря им ученые могут исследовать, как меняются особенности фирна по мере увеличения его плотности и глубины залегания. Установлено, что, хотя во внутренних районах Антарктиды из-за низких температур таяния не происходит, все же летние и зимние слои отличаются друг от друга. Зимний снег, как правило, мелкозернистый и компактный, летний же снег грубозернистый, рыхлый. Кроме того, зимние слои несколько толще, чем летние.

Недавно на высоком холодном внутреннем плато Антарктиды, где температура опускается намного ниже 0°, были обнаружены очень тонкие ледяные корки. Это открытие вызвало недоумение. Считают, что корки возникли вследствие замерзания капель переохлажденного дождя или тумана при соприкосновении их с поверхностью льда или в результате таяния, вызванного непосредственно солнечной радиацией.

Советский гляциолог П. А. Шумский выдвинул интересную теорию происхождения этих корок. По его предположениям, они образованы лучами солнца, которые проникли вглубь вдоль вертикально ориентированных осей кристаллов снега и растопили эти кристаллы изнутри. Если теория Шумского окажется правильной, она позволит точно определять возраст льда, так

* См. стр. 25.

как очевидно, что подобные корки не могли образоваться в течение долгой антарктической ночи, когда солнце отсутствует.

Лучшими шахтами для определения годовичных слоев снега оказались те, которые были вырыты на месте прежних лагерей или баз, — материалы и оборудование, оставленные там в известное время, служат отправными точками для установления возраста слоя на стенках шахты. В шахте глубиной 7 м, заложенной летом 1958 года на шельфовом леднике Росса (там, где в 1939 году находился лагерь Бэрда Литл-Америка III), обнаружили машину, похожую на автобус. Адмирал Бэрд надеялся, что этот «снеговой крейсер» сможет доставить его партию в центр материка, но, обманув его надежды, он увяз в снегу и стал бесполезным почти сразу после того, как его сгрузили с корабля. Машина лежала на слое летнего снега 1939-40 года. Слои на стенке шахты показали, что потребовалось 10 лет, чтобы похоронить ее, и что в следующие 8 лет ее верхнюю часть засыпало снегом еще почти на 4 м. На стенках шахты видны все 18 годовичных слоев; некоторые ограничены ледяными корками, а верхушка слоя 1947-48 года обозначена краской, отвалившейся с кузова машины.

Многие, вероятно, помнят, какой интерес вызвал «снеговой крейсер» во время его путешествия от Чикаго, где он был построен, до места его погрузки в Бостоне. Так как его ширина — около 6 м — была равна ширине некоторых дорог, по которым он проходил, он всюду блокировал движение. В восточной части Массачусетса он создал самую большую в истории этого штата пробку на дороге: десятки машин вытянулись за ним бесконечной линией. Тысячи людей выстроились вдоль обочин, желая взглянуть на чудище, на котором человек должен был с комфортом пересечь ледяные пустыни Антарктиды, возможно, до самого полюса. Теперь оно покоится на дне снежной шахты. Однако ему еще предстоит совершить свое последнее путешествие. Когда-нибудь часть шельфового ледника вместе с шахтой отколется и уйдет в море в виде огромного столового айсберга. Если к тому времени «крейсер» не будет извлечен из своей могилы, он несколько лет проблуждает вместе с айсбергом в морях, окружающих материк. В конце концов айсберг расколется, растает, а машина найдет себе последнее пристанище на дне Южного океана.

Ученые могут вычислить, какое количество воды содержится в слое льда и фирна. Следовательно, по видимым годовичным слоям льда, а впоследствии и по образцам, извлеченным с самых больших глубин, можно будет определить ежегодное количество осадков. Данные о содержании воды используются также для определения приблизительного возраста проб льда с больших глубин, где распознать годовичные слои трудно или невозможно. Работы, проведенные на станции Литл-Америка V,

показывают, что там среднее годовое накопление воды составляет немногим более 20 см. В соответствии с этим было найдено, что проба, взятая из скважины, заложенной в шельфовом леднике, на глубине 50 м, где фирн превращается в лед, относится к слою, образовавшемуся в начале XIX века. Подсчитано также, что вся толща льда, покрывающего шельф, была создана снегом, накопленным за 1225 лет, при условии, конечно, что ежегодное количество осадков все это время оставалось постоянным. В образце, взятом с большой глубины, обнаружены три прослойки, по-видимому, вулканического пепла. Вероятно, они относятся к средним векам, когда вулкан Эребус, который еще и теперь курится на другой стороне моря Росса, в 725 км от места, где были обнаружены прослойки, переживал период более сильных извержений.

Недавно начали широко использовать другой, более точный метод опознавания годичных слоев на большой глубине в ледниковых покровах. Во всей воде, выпадающей в виде осадков, — независимо от того, остается ли она водой или превращается в лед, — фактически весь кислород имеет атомный вес 16; с ним смешано очень небольшое количество изотопа кислорода, обладающего атомным весом 18. Отношение количества O^{18} к O^{16} зависит от температуры: чем ниже температура, тем меньше O^{18} содержится в воде или льде. Так, в Антарктиде и Гренландии в летнем снеге отношение O^{18} к O^{16} более высокое, чем в зимнем. Поэтому в тех частях ледниковых покровов, где поверхностное таяние и проникновение воды не нарушили первоначального соотношения изотопов кислорода, последнее осталось таким, каким было во время образования льда из снега. Отношение O^{18} к O^{16} в летних и зимних слоях льда, лежащих на больших глубинах, определяют спектрометром по пробам. Таким способом можно распознать годичные слои и вычислить возраст льда. Доктор Самюэль Эпштейн из Технологического института в Калифорнии установил годичные слои в пробе, извлеченной в Гренландии с глубины более 300 м.

Исследование слоев льда и фирна представляет интерес и для изучения истории климата Земли. Лед может дать важные сведения о главных сдвигах в циркуляции атмосферы и о путях распространения циклонов. Это позволит понять причины современных климатических изменений и, возможно, предсказать будущие изменения климата.

Годичные слои ледниковых покровов Гренландии и Антарктиды представляют собой хранилища продуктов атомного расщепления. Возраст снега, выпавшего на лед до 1954 года, можно установить, определив содержание в нем трития (тяжелого изотопа водорода). Но возраст снега, выпавшего после 1954 года, этим способом нельзя определить, так как тритий, выделившийся в результате взрывов водородных бомб, нарушил есте-

ственный баланс содержания трития в снеге. Однако тщательное изучение этих продуктов распада в снеге и фирне может дать ценные сведения относительно циркуляции атмосферы Земли со времени выпадения радиоактивных осадков, начиная со взрыва атомных бомб в 1945 году.

По мере того как бур проникает на глубину свыше нескольких сот метров, извлечение пробы становится все более трудным делом. Доставленные на поверхность пробы льда, освободившись от огромного давления, расширяются и крошатся. Освобождающийся газ, т. е. воздух, оставшийся во льду во время его образования и сжатый тяжестью выше лежащих слоев, тоже причиняет повреждения образцам, но представляет большой интерес — если его подвергнуть химическому анализу, он может помочь определить, каков был состав атмосферы в момент образования льда. Можно узнать, например, насколько наши фабричные трубы и выхлопные газы автомобилей увеличивают содержание углекислого газа в атмосфере; или ответить на вопрос, произошли ли за последние тысячелетия какие-нибудь естественные изменения в атмосфере, и если да — то какие.

Экспонаты, которые хранятся в музеях, дают нам сведения о жизни наших предков, даже первобытных людей, не имевших еще письменности. Мы знаем, во что они одевались и чем питались. Но никакие музеи не обладают образцами воздуха, которым эти предки дышали. Дышали ли Колумб, Эрик Рыжий и Карл Великий таким же воздухом, каким дышим мы? Кажется, дело идет к тому, что скоро Гренландия и Антарктида — эти гиганты-холодильники, оберегающие тайну истории земного климата, — дадут ответы и на такие вопросы.

КАКОВА ТОЛЩИНА ЛЬДА?

Среди огромного количества снаряжения, которым снабжались крупные экспедиции, направлявшиеся в Гренландию и Антарктиду за последние годы, одним из важнейших предметов был динамит. Он использовался для засыпки снегом трещин или для строительства во льду, а также для других целей, однако бóльшую его часть взрывали на поверхности ледников с целью вызвать в них землетрясение в миниатюре. Таким способом ученые определяли толщину льда.

В точности не известно, сколько в этих двух колоссальных ледниковых покровах содержится льда. Известно лишь, что в них заключено больше воды, чем во всех озерах мира, вместе взятых. Предстоит проделать еще много определений толщины льда, в том числе и на тех обширных пространствах Антарктиды, куда еще не ступала нога человека, прежде чем мы узнаем,

каким количеством воды располагает Земля. Хотя в течение МГГ и после него ученые взяли много проб с больших глубин, можно сказать, что мы начали соскребать только поверхность материкового льда. Вот почему раздавались динамитные взрывы, эхо которых проносилось через ледяные пустыни вблизи противоположных концов земной оси. Здесь были использованы те же методы, какие применялись для определения глубины Иосемитской долины. Взрывные волны проходят через лед и отражаются от горной породы, лежащей под ним.

Для определения толщины ледниковых покровов ученые также используют измерения силы тяжести. При помощи небольшого инструмента — гравиметра, устанавливаемого на любой точке ледникового покрова, измеряется сила тяжести массы земли, находящейся подо льдом. Так как сила тяжести уменьшается с увеличением расстояния между инструментом и поверхностью суши, то по данным измерений можно определить толщину льда. Несмотря на то что по сравнению с сейсмическим этот метод более быстрый и менее трудоемкий, показания гравиметра необходимо время от времени сверять с данными, полученными сейсмическим способом.

В результате работ, проведенных в течение МГГ, ученые пришли к выводу, что количество ледникового льда в мире более чем на 40% превышает то, какое было определено раньше. Теперь считают, что его объем составляет не менее 20 млн. куб. км*. Вполне вероятно, что дальнейшие исследования приведут к пересмотру этой цифры в сторону увеличения, хотя возможно, что подо льдом на огромных внутренних территориях Восточной Антарктиды существуют еще не обнаруженные горные цепи и плато, вершины которых близко подходят к поверхности ледникового покрова. Единственные в мире районы, где могут находиться еще не открытые горные цепи, — это дно океана и колоссальные территории под толщами льда в Антарктиде. И там, и там хватит места, чтобы скрыть горы довольно большой величины.

С ноября 1957 по март 1958 года Британская трансантарктическая экспедиция на своем 3200-километровом пути через материк произвела тысячи измерений мощности льда. Между морем Уэдделла и полюсом, в секторе, который до того времени не пересекала ни одна наземная экспедиция, было обнаружено поднятие суши подо льдом, не достигающее 450 м до поверхности ледникового покрова. По-видимому, это гребень горного хребта, поднимающегося на высоту 2100 м над своим основанием. Никто не видел этого хребта, но когда-нибудь его контуры, возможно, будут определены сейсмическими, гравиметрическими или другими геофизическими методами.

* По подсчетам разных авторов — от 27 до 35 млн. куб. км.

Трансантарктическая экспедиция, маршрут которой в основном шел по линии, разделяющей восточную и западную части Антарктиды, обнаружила, что на всем протяжении пути поверхность суши подо льдом всюду находится выше уровня моря. Когда экспедиция достигла Южного полюса, центрального пункта своего путешествия через материк, оказалось, что ученые Соединенных Штатов, работавшие на расположенной здесь станции Амундсен — Скотт, уже определили, что они живут на массиве льда толщиной 2500 м, лежащем на суше, которая на 2700 м возвышается над уровнем моря.

На других обширных пространствах материка наблюдается совсем иная картина. На станции Бэрд в Западной Антарктиде, в 480 км от ближайшей известной береговой линии, американские ученые получили сейсмическим способом поразившие их данные, согласно которым эта станция, расположенная на высоте 1600 м над уровнем моря, лежит на ледяном массиве толщиной 3200 м. Поверхность суши, стало быть, находится здесь на 1600 м ниже уровня моря.

Измерения толщины льда, произведенные вдоль тракторных и санных путей, которые, расходясь от станции Бэрд, тянутся на 2750 км через Западную Антарктиду, показали, что большая часть поверхности суши опущена ниже уровня моря. Глубокая впадина, простирающаяся подо льдом намного ниже этого уровня, связывает море Росса с морями Амундсена и Беллинсгаузена. Более половины Земли Элсуорта и Земли Мэри Бэрд находится над впадиной. Если бы эти территории освободились от льда, они оказались бы не сушей, а внутренним морем, а цепь прибрежных гор — Эдзела-Форда, Игзекьютив-Коммитти и Колер, — которые тянутся на 1600 км на восток от моря Росса, превратилась бы в остров, отстоящий от материка на 650—800 км. Советские ученые нашли, что в окрестностях станции Пионерской, расположенной в глубине материка (400 км от побережья), толщина льда составляет 3000—3200 м. Здесь, так же как в районе станции Бэрд, поверхность суши опущена на сотни метров ниже уровня океана.

Возможно, что Западная Антарктида — это группа островов, а полуостров Палмера*, вытянутый почти на 1600 км по направлению к Южной Америке, является частью острова, отделенного от Восточной Антарктиды впадиной, соединяющей моря Росса и Уэдделла. Возможно также, что четвертая часть всего материка находится ниже уровня моря.

По данным британской, французской и американской экспедиций, гренландский лед в некоторых районах в глубине острова

* Другое его название — Земля Грейама, но теперь оба эти обозначения заменены названием Антарктический полуостров.

достигает 3200 м толщины. Почти все пространство острова внутри окаймляющих его гор представляет собой обширную котловину, и некоторые ее части находятся ниже уровня моря. Считают, что почти половина покрытой льдом территории Гренландии лежит ниже уровня моря.

ЛЬДЫ ЛОМАЮТ ХРЕБЕТ КОНТИНЕНТА

Поверхность коренных пород, погребенная под Гренландским ледниковым щитом, по форме напоминает блюдо; в Антарктиде тоже имеются значительные пространства, лежащие ниже уровня моря. Все это свидетельствует о том, что вес льда слишком велик, чтобы земная кора могла выдержать его и не прогнуться.

Другое свидетельство этой перегрузки можно найти на окраинах континентов. Край каждого материка представляет собой крутой склон (*континентальный склон*), который у большинства побережий уходит под воду на глубину 3000—3600 м. Склон этот служит продолжением континента, поверхность которого имеет гораздо меньший уклон. Линия соединения этих двух склонов, однако, всегда проходит под водой, в среднем на глубине от 120 до 150 м. Таким образом, несмотря на то что края континентов поднимаются над ложем океана на большую высоту — от 3 до 5 км, границы их всегда скрыты под водой. Затопленные части континентов называются *материковой отмелью*, или *шельфом*.

Ширина материковой отмели сильно меняется. В некоторых местах вдоль арктического побережья Сибири и северного побережья Австралии она составляет 650 км и более, у берегов Нью-Джерси и Лонг-Айленда — примерно 200 км, а у Майами-Бич — всего лишь 8 км.

То, что края материков всюду возвышаются над ложем океана примерно одинаково, говорит о связи между всеми континентами, с одной стороны, и о связи между каждым континентом и глубинами окружающих его океанических вод — с другой. Это значит, что, по существу, все континенты состоят из одинакового материала и что горные породы, на которых покоятся материковые массивы, также в основном имеют одинаковый состав, хотя и очень отличаются от пород, из которых сложены сами континенты. А сложены континенты относительно легкими породами; это и есть причина того, что они так возвышаются над ложем океана, которое состоит из пород с гораздо бóльшим удельным весом.

Какое, однако, отношение имеют ледниковые щиты к тому, о чем мы сейчас говорили? Чтобы найти ответ, бросим взгляд на побережье Антарктиды. Об ее материковой отмели и склоне мы знаем даже меньше, чем о льдах самого материка. Но промеры ясно говорят, что шельф здесь, как правило, лежит намного глубже, чем шельф других континентов. Внешний край антарктического шельфа по преимуществу расположен на 360—550 м ниже уровня моря. Шельф большей части побережья Гренландии также исключительно глубок.

Все это является дополнительным доказательством того, что ледниковые покровы Гренландии и Антарктиды давят на эти континенты так, что они опускаются на сотни метров. Некоторые геологи считают, что шельфы вокруг Антарктиды и Гренландии были углублены ледниками, когда лед занимал более обширную площадь. Может быть, это и так, но, по-видимому, ледник все же способен глубоко врезаться в сушу лишь там, где он движется по узкому руслу, как это происходит с долинными ледниками. Известно, что континенты поднимаются и опускаются и без вмешательства ледниковых покровов, но вряд ли может быть случайным совпадением то, что наиболее погруженная материковая отмель находится у берегов Гренландии и Антарктиды, т. е. как раз тех участков суши, которые несут на себе самый тяжелый ледяной груз.

Однако ни Антарктида, ни Гренландия не находятся на максимально низком уровне; уже в течение некоторого времени они, вероятно, поднимаются — возможно, потому, что их ледниковые покровы стали тоньше. Царапины, оставленные ледниками на скалах, и валуны, перенесенные льдом (их можно увидеть на свободных ото льда горах Антарктиды), свидетельствуют о том, что уменьшение толщины ледяного покрова составляет 300 м и более.

Но некоторые районы Антарктиды лежат настолько ниже уровня моря, что они почти наверняка так и остались бы ниже его, даже если бы весь лед растаял и земная кора поднялась до уровня, при котором равновесие было бы восстановлено.

Как бы то ни было, человек будет продолжать исследовать толщину льда. Он надеется добыть множество сведений о мощности и природе земной коры и о том влиянии, которое оказывает на нее ледяной груз, и он наверняка узнает, как изменится уровень Мирового океана, если массы льда растают или, наоборот, еще более увеличатся.

ЧТО ЛЕЖИТ ПОДО ЛЬДОМ?

Может ли быть, что под ледниковыми покровами Гренландии и Антарктиды будут обнаружены мощные запасы полезных ископаемых?

Геологическая служба Гренландии, основанная в 1946 году, провела ряд исследований узкой полосы побережья острова, свободной ото льда.

Пласты низкосортного угля выходят на поверхность в береговой зоне и залегают на неизвестной глубине подо льдом. Уже давно в Гренландии обнаружены небольшие рудные месторождения, в том числе и радиоактивных руд. Здесь же находится единственное в мире месторождение криолита, чрезвычайно редкого минерала, используемого в электролитическом процессе при производстве алюминия. Все его запасы сконцентрированы близ Ивигтута на западном побережье, недалеко от мыса Фарвель. Название минерала происходит от двух греческих слов, обозначающих «ледяной камень». Это название дано ему по той причине, что он полупрозрачный и белый и очень похож на лед.

Кроме криолита, в Гренландии добывают свинец, правда, в небольшом количестве. Гренландия также — одно из тех немногих мест на Земле, где железо залегает в чистом виде. Запасы его невелики, но гренландцы изготавливают из него орудия производства и оружие.

Сколько же других полезных ископаемых погребено подо льдом? Трудно сказать, но чрезвычайная пестрота горных пород и геологических структур, слагающих береговую зону острова, позволяет предполагать наличие под его ледяным покровом значительных запасов полезных ископаемых. Во всяком случае, в Северной Америке, находящейся в тесном геологическом родстве с Гренландией, нет ни одного района, равного по величине этому острову, который не был бы богат полезными ископаемыми.

В Антарктиде геологи тоже обнаружили большое разнообразие геологических структур и горных пород.

Здесь находятся осадочные свиты толщиной до 300 м, содержащие пласты каменного угля. В большинстве своем это низкосортный уголь, но есть и небольшие залежи антрацита. Огромные пластовые интрузии базальта и других вулканических пород секут эти свиты и выходят иногда на поверхность в виде застывших потоков лавы. Некоторые горные цепи сложены гранитами.

В Восточной Антарктиде на больших пространствах осадочные породы залегают почти горизонтально. В Западной Антарктиде они смяты в складки и многие из них метаморфизованы под влиянием высоких температур и давления.

Часть континента, разбитая разломами, имеет глыбовое строение. Некоторые из глыб, например та, которая захватывает узкую полосу между Восточной и Западной Антарктидой на протяжении 3200 км от моря Росса до моря Уэдделла, или другая — в Восточной Антарктиде, находятся под водой; некоторые,

как, например, в районе Земли Королевы Мод, поднимаются на сотни метров над уровнем моря. Геологи считают, что две затопленные морем впадины, связывающие между собой моря Росса, Уэдделла и Амундсена, по своему происхождению и структуре напоминают Большой Рифт в Восточной Африке, который представляет собой огромную впадину, простирающуюся на 6500 км от озера Ньяса до Суэца.

В толщах антарктических горных пород есть немало полезных ископаемых, которые стоило бы разрабатывать, если бы они залегали в большом количестве. Однако ни одного крупного месторождения здесь пока не обнаружено. Правда, пока еще изучено меньше сотой части всего континента. Все наши познания, касающиеся геологии Антарктиды, основаны на изучении участков, раскиданных на большом расстоянии один от другого, и главным образом на побережье. Вероятно, где-то все же имеются большие запасы минеральных богатств, но они скрыты льдом от взора людского. Ведь вряд ли баснословное месторождение железной руды в районе Верхнего озера могло быть обнаружено, если бы открытие Северной Америки ограничилось только исследованием береговой зоны меньше чем в 80 км шириной.

О том, что таится под ледяным покровом Антарктиды, мы знаем так мало, что с одинаковой вероятностью можем предполагать как то, что здесь имеются значительные запасы минеральных ресурсов, так и то, что эти запасы невелики. И все же огромные размеры континента и разнообразие слагающих его горных пород скорее указывают на возможность обилия здесь полезных ископаемых.

До последнего времени сейсмографы и гравиметры использовались в Антарктиде главным образом для определения толщины льда. И в дальнейшем они будут продолжать служить для этой цели, но сфера их применения несомненно расширится, и, в частности, при их помощи можно будет узнать, что находится подо льдом. Когда заряд динамита взрывают на поверхности ледникового покрова, то упругие волны, отраженные от ложа ледника, говорят нам о мощности льда. Но некоторые волны проникают в толщу пород, находящихся подо льдом. Проходя сквозь разнородные породы, волны испытывают преломление, а затем возвращаются на поверхность. По этим преломленным волнам геофизики и геологи определяют характер горных пород, через которые прошли волны.

Наступит день, и станет кое-что известно о геологическом строении открытых доктором Фуксом горных цепей, расположенных на 450—600 м ниже поверхности Полярного плато, хотя мы и не сможем когда-либо увидеть этот горный пейзаж.

Запасы нефти на нашей планете истощаются, и вполне вероятно, что настанет время, когда будут предприняты значитель-

ные усилия для того, чтобы найти нефть в Антарктиде. Ее добыча, кроме, может быть, тех мест, где толщина льда слишком велика, не явится неразрешимой проблемой для инженеров. Разработка других полезных ископаемых будет сложнее, но вряд ли стоит сомневаться в том, что когда-нибудь глубоко под льдом появятся рудники и шахты. Если наступит нужда в ресурсах Антарктиды, человек сделает попытку овладеть ими. Как всегда, он ни перед чем не остановится и в конце концов добьется успеха.

БУДЕТ ЛИ АНТАРКТИДА ЗАСЕЛЕНА?

Возникнут ли когда-нибудь постоянные поселения на ледниковом покрове Антарктиды?

Пока достаточно очевидно, что здесь будут существовать постоянные научные базы. Континент хранит много тайн, связанных с погодой и климатом всей планеты. Если будет доказано, что погоду и климат большей части земного шара определяет именно Антарктида, человек должен установить здесь регулярно действующие метеорологические станции. Соединенные Штаты Америки, Советский Союз и другие страны, которые организовали станции на льду во время МГГ, продолжают свои исследования и, похоже, не собираются их прерывать.

Недалеко время, когда путешествие в Антарктиду станет одним из туристских маршрутов. Со своего комфортабельного и сравнительно безопасного самолета или судна туристы будут обозревать грандиозные ландшафты, открытые и исследованные незадолго до них людьми, многие из которых, работая и живя в условиях крайних лишений, проявили чудеса выносливости. И, как это всегда бывает, там, куда прибудет турист, появится и все необходимое для его обслуживания. Всякого рода заведения возникнут вначале в наиболее доступных местах побережья, а позднее — даже в глубине ледяного континента. Группа конгрессменов США уже побывала в Антарктиде в качестве туристов. Для туриста нет далеких земель.

В Гренландии были прорыты туннели и сооружены большие помещения во льду, которые сохранились и сейчас. В 1960 году американские военные инженеры построили под снежным покровом Гренландского ледникового щита целый город (близ Туле). Над его улицами, длина одной из которых достигала 300 м, возведены арочные перекрытия из рифленого железа. Когда строительство было окончено, город с его «подземными» улицами и сборными постройками, числом около тридцати, среди которых были спальни, лаборатории, гимнастический зал, комната отдыха и атомная установка, лежал под слоем снега толщиной 1,5 м. Подобно нескольким станциям Литл-Америка

и «снеговому крейсеру» в далекой Антарктиде, этот новый город (его называют Кэмп Сэнчури, т. е. Лагерь века) с каждым годом покрывается новыми пластами снега.

В 1961 году станция Бэрд в Западной Антарктиде также «ушла под землю». Это переселение было предпринято потому, что постройки старой станции, сооруженной в 1956 году, стали постепенно оседать под тяжестью накопившегося снега. Как долго могут сохраниться эти сооружения — один из тех вопросов, на которые ответит время.

Обитатели владений снега и льда не только смогут изучить их свойства, но, несомненно, получат интересные сведения и об условиях жизни под снежной шапкой. Некоторые руководители Кэмп Сэнчури полагают, что и внутри ледниковых щитов можно сооружать большие города и что тот, кто в них поселится, может быть уверен, что останется в живых даже после атомной войны. Строители укрытых под снегом городов, по-видимому, больше всего думали о том, чтобы эти места были неуязвимы для военных установок!

Но большинство из нас надеется, что проблема атомной войны решится таким образом, что человечество не будет вынуждено запрягаться под лед, чтобы иметь будущее.

Когда начался Международный геофизический год, Антарктида стала ареной международного сотрудничества и содружества. Ученые различных национальностей работают здесь бок о бок в обстановке взаимного уважения, преодолевая чувство недоверия, так часто возникающее в среде политиков и дипломатов. Было бы лучше всего, если бы политики вообще освободили Антарктиду от административного контроля и предоставили ученым возможность превратить этот континент в международный научно-исследовательский центр и природную лабораторию.

Таким образом, Антарктида могла бы стать символом добрососедских отношений между людьми, что в наш век было бы особенно полезно.

До недавнего времени казалось, что с Антарктидой происходит то, что происходило со многими землями после их открытия. Некоторые государства стали предъявлять права на те или иные участки территории Антарктиды. Некоторые из подобных притязаний огромны, другие — скромнее, но, на наш взгляд, абсолютно нецелесообразно разрезать на части такой великолепный кусок земной недвижимости.

В договоре, подписанном двенадцатью странами — участниками МГГ, отмечается, что, несмотря на все претензии, наиболее широко распространено мнение, согласно которому Антарктида должна оставаться подлинно интернациональным континентом. Это последнее место на Земле, где человек еще имеет возможность производить эксперименты; в мире не осталось ни одного

клочка земли, который не был бы подвластен какому-либо государству. *

Договор предусматривает контроль за деятельностью представителей каждой из двенадцати стран — тот контроль, который долгое время был одним из камней преткновения, мешавших заключить соглашение о разоружении.

Во всяком случае, Антарктида сейчас мало-помалу заселяется. Ученые, исследователи и люди, которые помогают им, живут здесь уже теперь; за ними последуют туристы, и другие от них не отстанут.

* Договор об Антарктике подписан в Вашингтоне 1 декабря 1959 г. Аргентиной, Австралией, Бельгией, Чили, Францией, Японией, Новой Зеландией, Норвегией, Южно-Африканским Союзом, Великобританией, США и СССР. Договор не означает отказа от ранее заявленных претензий на территориальный суверенитет в Антарктике, но объявляет свободу научных исследований в любом районе Антарктики, запрещает использовать Антарктику для военных целей, производить ядерные взрывы в Антарктике. Таким образом, Антарктика сейчас — это зона мира и международного научного сотрудничества.

ЛЬДЫ МОРЯ

ПОЛЯРНЫЕ ПАКОВЫЕ ЛЬДЫ

Ледяной покров Гренландии — самый обширный в северном полушарии, но он занимает меньшую площадь по сравнению с морским льдом, тонким слоем покрывающим Северный Ледовитый океан и прилегающие к нему моря. Это плавучее, испещренное трещинами ледяное поле, образованное замерзшей морской водой, известно под названием *пакового льда*, или *пака*.

Даже в период, когда пак имеет наименьшую площадь, она в четыре раза больше, чем Гренландский ледниковый щит. В это время пак распространяется по всем направлениям от центра Полярного бассейна, почти достигая мыса Барроу (Аляска) и некоторых мест вдоль арктического побережья Сибири.

Паковый лед особенно прочен вблизи Гренландии, острова Элсмир и других канадских островов; он навечно взял в плен их северные берега. Вследствие этого Северо-Западный проход для судов лежит далеко к югу и представляет собой лабиринт проливов, проливчиков и каналов в густом скоплении островов северной Канады. Когда-нибудь будет построен ледокол, достаточно мощный, чтобы проложить себе путь и вдоль северной оконечности Америки, но ни одно судно из тех, что плавают сейчас, не способно пробиться через пак, покрывающий все водное пространство между Норвежским морем и Аляской.

На севере Норвежского и Баренцева морей в Ледовитый океан вторгаются теплые воды Атлантического течения, отодвигая южную границу пака далеко к полюсу, за Шпицберген и Землю Франца-Иосифа. Таким образом, полюс расположен дальше всего от центра пака. Большая часть пака, лежащая между Северным полюсом и Аляской, отстоит от материка и открытой воды дальше, чем полюс. Центр этого пространства, находящийся на 84° северной широты и 175° западной долготы и расположенный в 650 км от Северного полюса, известен как «полюс недоступности», потому что сюда очень трудно добраться по льду. Это определение, однако, потеряло свое значение после того, как

в арктических районах стали появляться самолеты и подводные лодки.

В Арктический бассейн постоянно вливаются воды Атлантического течения и, правда, в меньшем объеме воды сибирских и канадских рек и Тихого океана. Этот приток воды уравнивается тем, что вода уходит в противоположном направлении, уносимая мощным холодным Восточно-Гренландским течением. Течение покидает Полярный бассейн в районе между Гренландией и Шпицбергом и продолжает свой путь вдоль северо-восточного побережья Гренландии, вливаясь в Северную Атлантику через Датский пролив. Холодные его воды задерживают таяние пака.

Подобно снежному покрову, паковый лед увеличивается и уменьшается в объеме в зависимости от времени года. Осенью и зимой толщина пака увеличивается за счет того, что снизу замерзает новый лед. Кроме того, площадь пака медленно разрастается благодаря замерзанию поверхности морей, примыкающих к кромке пака. В октябре или ноябре льдины начинают «протискиваться» через Чукотское море к Берингову проливу. В то время как площадь пака будет увеличиваться, прибрежный морской лед, образующийся вдоль северных берегов, будет также расширяться и продвигаться навстречу паковому льду через открытую воду.

В марте разросшийся пак и прибрежный лед, которые к этому времени уже встречаются, образуют неровный, но сплошной покров из морского льда, вдвое превышающий размеры постоянного пака. Он цементирует вместе все острова Канадского арктического архипелага, покрывает Баффинов и Дэвисов проливы и образует широкую полосу вдоль берегов залива Св. Лаврентия и южного побережья Лабрадора. В это время года побережье Сибири от Белого моря до Берингова пролива крепко сковано морским льдом.

Арктический лед никогда не бывает гладким, не разбитым. Под влиянием ветров и океанических течений он постоянно, летом и зимой, ломается и разбивается на отдельные поля. Трещины между полями, имеющие ширину, достаточную для того, чтобы по ним могли пройти суда, называются *разводьями*. Они могут достигать нескольких километров в длину, а в пограничной зоне пака — нескольких километров в ширину. Так как соседние поля могут двигаться с различной скоростью и в разных направлениях, между ними образуются открытые пространства, напоминающие озера неправильной формы. Это *полюньи*.

Обычно летом свободные ото льда пространства воды появляются по всему паку.

В августе 1958 года американская атомная подводная лодка «Скейт» («Скат») всплыла в полюнье всего в 65 км от полюса,

а двумя годами позже подводная лодка «Си Дрэгон» («Морской дракон») появилась непосредственно на полюсе.

Хотя открытые воды в районе пака благоприятны для плавания подводных лодок, они создают почти непреодолимое препятствие для передвижения по льду. Вот почему Пири выбрал самое холодное время зимы для перехода от мыса Колумбия к Северному полюсу. Зимой трещины, полыньи и разводья замерзают почти сразу же после того, как возникают, и за 24 часа могут покрыться слоем льда 15 см и более.

Когда льдины скапливаются в одном месте, они начинают наползать одна на другую. Два ледяных поля могут разойтись на время, потом вновь сблизиться; с неодолимой силой обламывая края и нагромождаясь одно на другое, они образуют огромные неровные гряды 3 м и более высотой. *

Паковый лед состоит из множества полей, находящихся в постоянном движении. Когда все они перемещаются в одном направлении и с одинаковой скоростью, ландшафт полярного моря поражает своим спокойствием. Но в другое время, особенно при шторме, лед проявляет свою мощь в полной мере.

Вильяльмур Стеффенссон в книге «Гостеприимная Арктика» ярко описывает, как сталкиваются ледяные поля. За несколько минут столкнувшиеся глыбы льда поднимаются во весь свой 15-метровый рост, прежде чем разбиться и обрушиться на поверхность поля, причем все это сопровождается оглушительным треском, грохотом и скрежетом. Те, кто зимует на льдинах, должны быть постоянно готовы к тому, что льдину, на которой расположен лагерь, может расколоть трещина или на нее обрушится другая льдина. Стеффенссон рассказывает о случае, когда площадь льдины, на которой стоял лагерь, в течение особенно штормовой ночи сократилась до 1,5 кв. км; лед, который до шторма был относительно гладким, превратился в «хаос торосов».

Толщина пакового льда колеблется, но в среднем она составляет от 2,5 до 3,5 м зимой и от 1,5 до 3 м летом. Под давлением гряд льда и нагромождений ледяных глыб основание льда может опускаться на 18 м и более ниже уровня воды.

Хотя ветер способен вызывать крупные подвижки льда, океанические течения являются еще более деятельной силой, движущей пак. Масса пакового льда после нескольких лет путешествия по Северному Ледовитому океану выносится в Атлантический океан Восточно-Гренландским течением. К тому же летом толщина пака уменьшается вследствие таяния его поверхности. Эти два процесса компенсируются тем, что каждую зиму на пак снизу и на его кромку намерзает новый лед. Поэтому пак не может быть очень старым. Советские ученые считают, что возраст пака составляет от 7 до 9 лет.

* Эти гряды называются торосами.

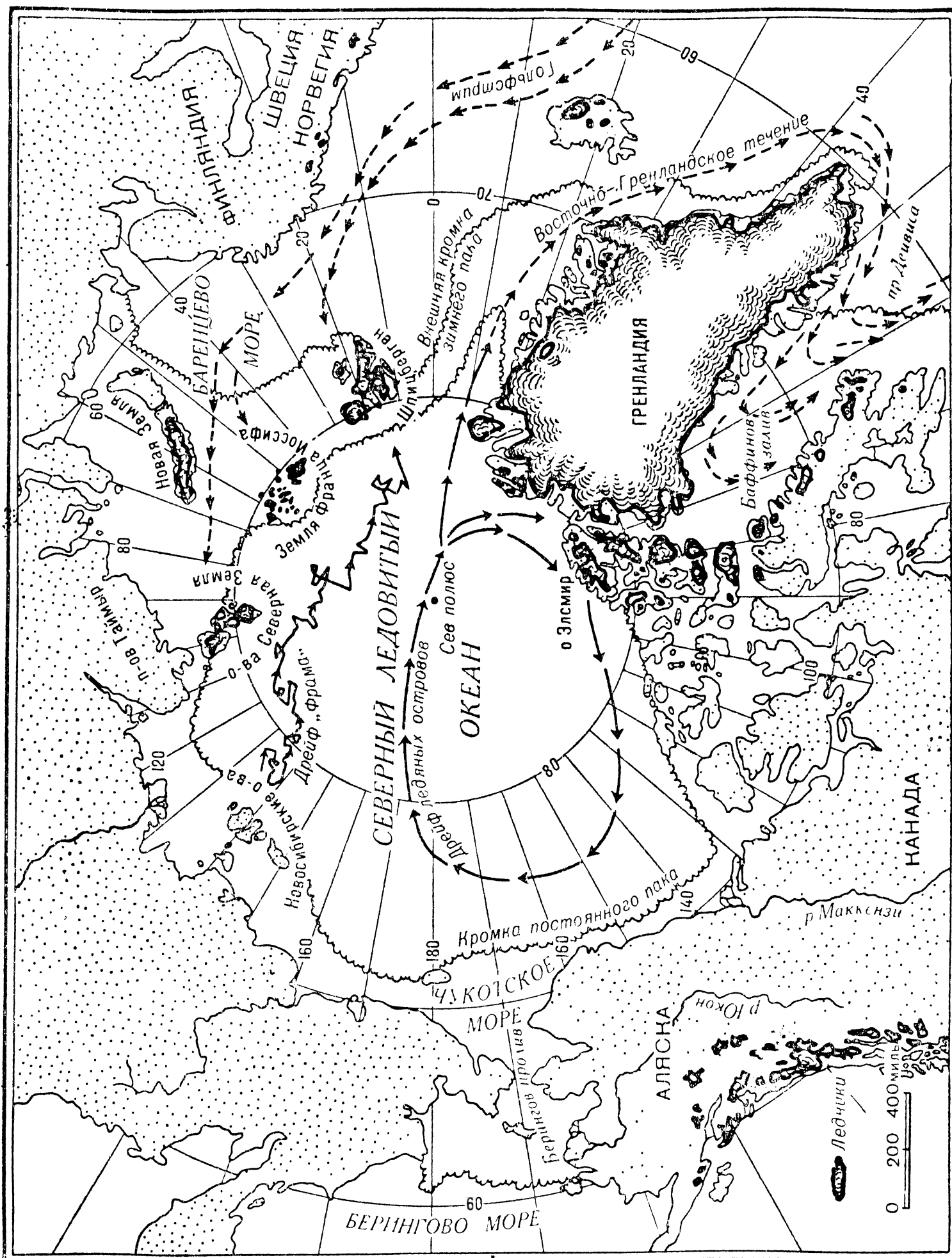
Но, очевидно, ледяные поля могут быть и старше. Наблюдения с дрейфующих судов и льдин показывают, что лед, образующийся у северных берегов Сибири, дрейфует от восточной части Полярного бассейна к той части Северной Атлантики, которая заключена между Гренландией и Шпицбергенем. Пак, окружающий берега Северной Америки, движется по большому кругу в направлении часовой стрелки; с этого курса ему нелегко сойти, поэтому он дольше остается в Полярном бассейне и обычно старше, чем пак у берегов Евразии.

В ранний период освоения Арктического бассейна исследования вели в основном люди, стремившиеся открыть новые земли; корабли, капитаны которых пытались пробиться через забитые льдами воды, нередко оказывались затертыми льдами.

В 1879 году такая участь постигла судно «Жаннетта» в Чукотском море к северу от Берингова пролива. Судно под командованием лейтенанта военно-морского флота США Делонга протискивалось сквозь льды вблизи острова Врангеля, который тогда принимали за часть континента, выступавшую далеко на север. Но льды так и не выпустили «Жаннетту» из плена, и после двух лет дрейфа на запад в паке она была раздавлена льдами в районе Новосибирских островов, примерно в 1120 км от того места, где начался ее дрейф. Члены экипажа двинулись через льды к безлюдному побережью Сибири, но несколько человек, в том числе и Делонг, умерли от холода и голода, так и не добравшись до населенных мест. Четыре года спустя у южных берегов Гренландии нашли несколько предметов с этого судна.

Именно длительное путешествие остатков «Жаннетты», на пути которых лежал Северный Ледовитый океан, а возможно, и Северный полюс, укрепило великого норвежского ученого и исследователя Фритьофа Нансена в одной очень важной мысли. Он решил с наступлением полярной ночи предоставить своему судну свободно дрейфовать во льдах примерно от того места, где застряла «Жаннетта» и откуда начался ее дрейф через Ледовитый океан к открытым водам у берегов Гренландии. Нансен и ранее предполагал, что в этом районе существует течение; на это указывали найденные на побережье Гренландии утварь эскимосов с Аляски и множество остатков деревьев трех пород, распространенных в северной Сибири.

В сентябре 1893 года судно Нансена «Фрам», построенное с таким расчетом, чтобы оно могло противостоять сокрушающему давлению ледяных полей, начало свой путь от Новосибирских островов, на $78^{\circ}50'$ северной широты, недалеко от того места, где попала в беду «Жаннетта». Три года дрейфовало судно во льдах; достигнув в ноябре 1895 года широты $85^{\circ}55'$, т. е. самой северной точки, до которой до сих пор удавалось добраться какому-либо судну, «Фрам» наконец в августе 1896 года вышел в открытые воды у северного побережья Шпицбергена.



«Фрам» настолько успешно преодолел все препятствия, которые воздвигал перед ним арктический пак, что все современные ледоколы США, построенные в течение второй мировой войны и после нее, сконструированы по типу этого судна.

Через шесть месяцев после того, как «Фрам» начал свой великий дрейф, для Нансена стало очевидным, что судно никогда не достигнет полюса. Тогда он оставил капитана Отто Свердрупа командовать судном и вместе с Фредериком Иогансеном отправился по льдам к полюсу. У них было двадцать восемь собак, впряженных в сани, — на них они везли провизию, и два каяка — на них они намеревались преодолевать разводья. Так как не было надежды отыскать судно по возвращении, Нансен решил, что они с Иогансеном сами как-нибудь доберутся до Европы через Шпицберген.

Оставив судно, путешественники двадцать шесть дней продвигались на север, а лед, по которому они шли, постоянно смещался к югу. В конце концов в апреле 1895 года, достигнув $86^{\circ}13'$ северной широты, т. е. подойдя к полюсу ближе, чем когда-нибудь удавалось человеку, и все же отделенные от цели добрыми 360 км, они отказались от своего намерения и с величайшей неохотой повернули на юг.

Тогда началось одно из самых героических испытаний, запечатленных в анналах полярных исследований, какое когда-либо выпадало на долю отважных путешественников.

Через пять месяцев после того, как Нансен и Иогансен покинули «Фрам», они, лишившись последней собаки, достигли Земли Франца-Иосифа. Здесь, в хижине, сооруженной из камней, земли и моржовых шкур, терпя жесточайший холод, провели они зиму в одиночестве. Весной снова двинулись на юг.

Месяц спустя, не успев еще покинуть пределы Земли Франца-Иосифа, двое оборванных, грязных, обросших бородами, неузнаваемых людей лицом к лицу столкнулись с Фредериком Джексонном, руководителем научно-картографической экспедиции, изучавшей архипелаг. Ни Нансен, ни Джексон не могли предполагать, что их похожая на чудо встреча произойдет именно в этой части мира.

В августе, в то самое время, когда Свердруп вел «Фрам» через последние ледяные поля, чтобы выйти в Норвежское море между Гренландией и Шпицбергенем, Нансен и Иогансен на борту спасательного судна Джексона возвращались домой, в Норвегию. Хотя Нансен так никогда и не достиг Северного полюса, он доказал правильность своей идеи о всеобщем дрейфе арктических льдов; экспедиция внесла огромный вклад в науку и представила в новом свете географию, метеорологию и океанографию неведомого Севера.

В 1937—1940 годах советский ледокол «Седов» дрейфовал по курсу, почти параллельному курсу «Фрама». В перерыве между

этими двумя дрейфами в различных районах Арктики еще несколько судов проделало менее продолжительные путешествия, отдавшись во власть льдов.

Уже давно приземление самолетов на лед и взлет с ледяных полей вдали от берегов Северного Ледовитого океана — совершенно обычное дело, но до 1927 года никому не удавалось решить и ту, и другую задачу сразу. В этом году Джордж Хьюберт Уилкинс и его пилот Карл Бен Эйелсон положили начало новой эпохе в авиации. На своей снабженной лыжами машине, удалившись более чем на 800 км в глубь покрытого льдом океана, они дважды совершили посадку и взлет со льда. Третье приземление они произвели в 100 км от берега, когда кончился бензин. *

Уилкинс и Эйелсон — не первые, кому удалось взлететь с полярного пака. Двумя годами ранее, 21 мая 1925 года, гидроплан «Дорнье N-24» взлетел со льда в 200 км от полюса. Этот гидроплан вместе с точно такой же машиной «N-25» участвовал в экспедиции, искавшей Руала Амундсена. Линкольн Элсуорт и четверо других летчиков пролетели от Шпицбергена до полюса. «N-24» потерпел аварию при посадке, но другому самолету удалось, протащившись над льдами, избежать опасности быть затертым между двумя ледяными полями. После того как с невероятным трудом была расчищена взлетная площадка длиной 450 м и после неоднократных безуспешных попыток взлететь «N-25», взявший на борт всех участников экспедиции, наконец оторвался от земли. Через 24 часа после своей вынужденной посадки он вернулся на Шпицберген.

Еще в начале двадцатых годов Бернт Бальхен отчетливо представлял себе, что в будущем над Арктикой пройдут великие воздушные трассы; но мысль о возможности использования самолетов для переброски экспедиций на ледяные поля впервые высказали Нансен и его соотечественник Гаральд Свердруп в 1926 году. Высадка экспедиции, по их предложению, должна была произойти в районе полюса на ледяном поле, которое будет, как в свое время «Фрам», дрейфовать вместе с течением, смещаясь к Северной Атлантике, к району между Гренландией и Шпицбергенем.

Эта идея была воплощена в жизнь в 1937 году четверкой русских, дрейфовавших на станции «Северный полюс» под руководством И. Д. Папанина; начав дрейф почти у полюса, они девять месяцев продвигались примерно вдоль 70-й параллели к восточному побережью Гренландии. Дрейфующая станция, «багаж» которой состоял из 9 т всевозможных запасов и оборудования, была доставлена на большое ледяное поле четырьмя четырехмо-

* В 1927 году успешные посадки на ледяные поля Белого моря производил советский летчик М. С. Бабушкин.

торными самолетами. Во время ее высадки толщина поля составляла примерно 3 м.

На более поздних этапах дрейфа станция постоянно находилась под угрозой того, что льдина треснет и разобьется. Иногда трещина проходила прямо через лагерь, и часть запасов и оборудования пускалась в дрейф на новых полях. Когда станцию эвакуировали, льдина, на которой она была расположена, имела меньше 30 м в ширину. Эта экспедиция чрезвычайно расширила наши познания о ранее не исследованной части Полярного бассейна и положила начало новой эре в раскрытии тайн Арктики.

После этого русские предприняли несколько больших научных экспедиций на других дрейфующих льдинах, и все они также были доставлены тяжело нагруженными четырехмоторными самолетами, которые садились на не приготовленный для посадки морской лед. После 1937 года советские ученые производили наблюдения на дрейфующих станциях не только в евразийской части Полярного бассейна и в окрестностях Северного полюса, но и в районе Северной Америки. Некоторые из этих станций были снабжены мототранспортом и самолетом, предназначенным для обзорных полетов над окружающими пространствами. *

Очень трудно угнаться за русскими в любой фазе исследований Арктики. Американцы намного позднее начали ставить научные станции на дрейфующих льдинах.

В 1950 году десятая спасательная эскадрилья военно-воздушных сил США оборудовала и обслуживала дрейфующую станцию, которая существовала всего две недели. Лишь 5 апреля 1957 года была создана первая настоящая научная дрейфующая станция. Называлась она «Альфа» и располагалась на ледяном поле, находившемся вначале в 1125 км к северу от мыса Барроу (Аляска). Ее персонал и оборудование были переброшены сюда самолетами частей военно-воздушных сил США, базирующихся на Аляске.

В 1957 году на станции все шло благополучно, но то, что случилось в 1958 году, дает представление о том, насколько опасна жизнь на ледяном поле. В начале апреля участники дрейфа могли наблюдать, как их поле становилось все меньше, как оно треснуло и как несколько крупных кусков льдины трехметровой толщины отделилось и медленно отошло прочь. В мае все население лагеря перебралось на другое поле, переправив туда двадцать одну постройку. Соорудили новую взлетно-посадочную полосу. Вскоре трещины прошли и через эту полосу; пришлось подготовить третью.

* В 1966 году в Полярном бассейне дрейфовала на льдине уже четырнадцатая советская научно-исследовательская станция (СП-14).

В конце концов трещина прошла прямо через лагерь и посадочную полосу. Имевшая вначале лишь 2—3 см в ширину, трещина медленно расширялась, пока лагерь и большая часть взлетной полосы не очутились на двух разных полях, что было печальнее всего. Будущее станции представлялось не слишком радостным, поэтому было решено покинуть ее. 4 ноября, когда прошло почти полтора года после открытия станции и когда она находилась в 480 км от полюса, ее двадцать научных работников и летчик были эвакуированы спасательным самолетом, прилетевшим за 500 км отсюда — из Туле в Гренландии. Посадка и взлет были сделаны на укороченной полосе, к тому же пришлось прибегнуть к подсветке сигнальными ракетами, потому что несколько недель назад наступила полярная ночь.

В то время когда станция «Альфа» начинала свое существование, площадь поля составляла несколько квадратных километров. Когда станция была оставлена, поле имело всего 300 м в ширину.

Ровно за четыре года до эвакуации станции «Альфа» советская станция СП-3 была разорвана трещиной, которая прошла под некоторыми палатками, и буквально в течение нескольких минут лагерь оказался разделенным на части полосой открытой воды шириной 45 м. В нескольких других случаях, как до, так и после закрытия станции «Альфа», другим советским станциям приходилось попадать в подобные ситуации. Несмотря на постоянную склонность полей разбиваться, на некоторых из них научные станции существовали больше года, а одно ледяное поле в течение трех лет несло на себе советскую станцию СП-4 по внутреннему Полярному бассейну и прошло почти непосредственно через полюс.

АНТАРКТИКА

Ледяные поля в Антарктике напоминают льды Северного Ледовитого океана. Но между этими льдами-антиподами существуют и кое-какие различия, обусловленные неодинаковым распределением суши и моря в этих районах Земли. В одном случае морской лед образуется в холодном, почти закрытом океане, в другом — лед, сползая с континента, движется до границы полярного района в ничем не обрамленные воды смежных Тихого, Атлантического и Индийского океанов.

Антарктический морской лед тоньше, чем арктический; в феврале и марте, когда в Антарктике позднее лето, лед опоясывает берега континента лишь узкой каймой. Здесь есть такие места, где судно может достичь берега, ни разу не столкнувшись ни с какими льдами, но в тех же самых местах годом позже полоса льда может иметь ширину 65 км и более.

Зимой количество льдов значительно увеличивается, и в сен-

тябре и октябре они тянутся от берега на несколько сот километров, а в части побережья, лежащей к югу от Атлантического океана, — на 1400—1600 км. Ширина полосы льда здесь значительно больше, чем в любом другом месте антарктического побережья, вероятно, потому, что холодные поверхностные воды движутся в восточном направлении из моря Уэдделла. В это же время года в районе, расположенном к югу от Австралии, ширина полосы льдов редко достигает 650 км.

Сильные ветры, круглый год дующие с континента, покрытого ледяной мантией, уносят лед в открытое море, создавая вдоль большей части побережья широкую зону воды, свободную ото льда.

Благодаря тому что антарктический лед всецело зависит от ветровых течений, северная его кромка постоянно меняется; известно, что через небольшие промежутки времени она продвигается на 30—60 км в день. Летом 1936 года судно «Дискавери-2», идя точно на юг от северной части моря Росса, прошло 650 км во льдах. Когда спустя три недели судно возвращалось обратно, оказалось, что 400 км льда (со стороны северной кромки) исчезли, как будто их и не бывало, и осталась полоса льдов шириной всего 250 км.

Антарктические ледяные поля, обладая большой свободой передвижения, не ломаются и не разбиваются в такой степени, как в Арктике, и суда могут проходить через льды в течение всей зимы. По различным причинам — прежде всего потому, что Антарктический бассейн судоходен и на самом континенте имеется ряд научных станций, — на антарктических ледяных полях дрейфующие станции не организуются.

Однако антарктические льды не везде и не всегда спокойны и безмятежны. Кое-где, особенно в западной части моря Уэдделла, лед довольно толстый; поля трутся одно о другое и, нагромождая торосы и глыбы, создают ледовые пейзажи, мало чем отличающиеся от арктических. Известны случаи, когда некоторые суда, застряв во льдах морей Росса, Беллинсгаузена и Уэдделла, должны были довольно длительное время дрейфовать.

Самое драматическое из подобных вынужденных путешествий пришлось совершить судну «Эндьюранс» («Терпение»), на котором сэр Эрнест Шеклтон вел к Антарктиде экспедицию, чтобы попытаться пересечь континент от моря Уэдделла до моря Росса. Почти месяц судно пробивало себе дорогу через 1300 км льда вдоль восточных берегов моря Уэдделла. Земля Луитпольда (в районе которой находится современная британская станция Шеклтон) была уже почти в пределах видимости. Но, прежде чем члены экспедиции смогли ступить на берег, судно вмерзло во льды и пустилось в дрейф — прочь от своей цели, прочь от континента, который они пришли завоевывать...

В течение следующих десяти месяцев (с января по ноябрь 1915 года) судно отнесло на 900 км в северном направлении; путь его пролегал параллельно полуострову Палмера. В конце концов оно было раздавлено льдами. Общее расстояние, пройденное судном во время дрейфа и определенное на основе визуальных наблюдений с учетом зигзагов курса, составило 1900 км, хотя Шеклтон подсчитал, что на самом деле судно покрыло более 2400 км.

После того как экспедиция покинула судно, ей пришлось дрейфовать на ледяном поле более пяти месяцев. Прежде чем поле достигло открытой воды, оно продвинулось на несколько сот километров. Все это является подтверждением того, что ледяные поля в восточной части моря Уэдделла вполне способны нести на себе научные станции.

ЛЕДЯНЫЕ КОРАБЛИ АРКТИКИ

14 августа 1946 года радарная установка, помещавшаяся на борту самолета военно-воздушных сил США, который совершал свой полет над ледяным покровом Ледовитого океана, указала на присутствие какого-то крупного объекта среди просторов, расстилавшихся внизу; видимо, это был остров. Но дело происходило в районе, расположенном примерно в 500 км к северу от мыса Барроу (Аляска), где, насколько известно, никогда не было островов и где их очень трудно не обнаружить. Летчики, не зная в точности, что это было, но предполагая, что это земля, назвали ее «Таргет-Х» («Цель-Х»); позднее она была переименована в Т-1.

Последующие полеты в ясную погоду показали, что Т-1 — остров изо льда 24 км шириной и 29 км длиной и что он медленно движется через пак на север, по направлению к полюсу. Так как ледяной остров лежал на пути служебных разведывательных полетов, то в течение следующих трех лет американские летчики могли наблюдать за движением острова как с помощью радиолокатора, так и визуально, с расстояния в 6 км. Потом они потеряли его из виду. Когда двадцать два месяца спустя остров снова был обнаружен, он находился вблизи северного побережья острова Элсмир. Вскоре после этого он резко повернул на запад и начал двигаться вдоль побережья, к тому самому месту, где был открыт в 1946 году.

Т-1 был легко различим среди окружавшего его морского льда, и в условиях хорошей видимости его можно было узнать на расстоянии в несколько километров. Даже с воздуха было видно, что его поверхность метров на шесть, если не больше, возвышается над паком и что вероятная толщина его составляет от 45 до 60 м, тогда как толщина пака не превышает 2—3,5 м.

Открытие Т-1 позволяло предполагать, что, вероятно, существуют и другие ледяные острова; поэтому летчики Службы погоды, регулярно совершавшие полеты в окрестностях Северного полюса, продолжали поиски других ледяных островов.

В апреле 1947 года, во время полетов соединения американско-канадских воздушных сил, недалеко от мыса Исаксена у север-

ных островов Канадского архипелага был обнаружен остров Т-3. В июле 1950 года в районе полюса был открыт третий ледяной остров, Т-2. Обратный порядок нумерации объясняется тем, что только после открытия Т-2 сочли возможным причислить к разряду ледяных островов и Т-3. Остров Т-3 значительно меньше, чем Т-1; его размеры 7 на 15 км. Остров же Т-2 оказался самым большим из всех трех (примерно 27 на 29 км). Русские сообщили об открытии ледяного острова, предположительно Т-2, в апреле 1948 года. В течение 8 лет после открытия Т-1 было обнаружено по меньшей мере еще 50 ледяных островов. Некоторые из них имели не более 400 м в длину; другие были примерно такие же, как первые три.

Одно время ледяные острова открывали, буквально не выходя из кабинетов. Аэрофотоснимки, сделанные канадскими летчиками между 1949 и 1951 годами, были извлечены из архивов и вновь изучены. На снимках были выявлены острова, затерянные в проливах и протоках Канадского архипелага. Некоторые из таких островов, после того как их обнаружили на снимках, были вновь сняты с воздуха.

Общее число всех известных сейчас ледяных островов колеблется между 85 и 100. Что характерно для них? Все они по форме напоминают стол, у них плоские вершины; поверхность волнистая, испещренная широкими и невысокими параллельно расположенными возвышениями, разделенными неглубокими желобами. Эти возвышения, высотой обычно всего в десяток-другой сантиметров и иногда удаленные один от другого на 100 м и более, едва заметны. Если смотреть с воздуха, особенно когда желоба заполнены водой, поверхность острова имеет очень своеобразный рисунок (она кажется разлинованной на полосы), и при хорошей видимости такой остров можно обнаружить с расстояния в несколько километров.

Благодаря своей прочности и солидной толщине ледяные острова редко ломаются, протискиваясь через пак; поэтому их поверхность не имеет хаотичного вида, столь присущего паку. В отличие от пака, они обычно несут на себе валуны и глину, а иногда и другие материалы «земного» происхождения.

Вероятно, американские летчики не были первыми, кто обнаружил эти острова; трудно предположить, чтобы их не заметили бы ветераны арктических исследований, если бы им пришлось встретиться с таким явлением. Из записок некоторых исследователей можно заключить, что какие-то плавучие острова, вероятно, наблюдались уже тогда.

А. У. Грили сообщил, что в 1883 году руководимая им санная экспедиция обнаружила ледяное поле с холмистой поверхностью; потребовалось два дня, чтобы пересечь его.

Одно из вероятных свидетельств раннего открытия ледяного острова можно найти в отчете Сторкера Сторкерсона, члена экс-

педиции 1918 года, возглавлявшейся Вильяльмуром Стефенссоном. С апреля по октябрь вместе с несколькими другими членами экспедиции он дрейфовал на ледяном поле через море Бофорта к северу от Аляски. Как показали измерения, поле имело около 11 км в ширину и более 24 км в длину. Описание этого поля, сделанное Сторкерсоном, и в особенности описание его продвижения через пак, указывают на то, что это почти наверняка был ледяной остров.

Многие исследователи, включая Пири, сообщают о том, что ими были открыты новые земли в самых различных местах Северного Ледовитого океана; позднее же было доказано, что таких земель нет. Но так как «открытия» сделаны испытанными исследователями, честность которых не подлежит сомнению, надо думать, что за «земли» они принимали ледяные острова.

Одно из подобных открытий в море Бофорта относится к 1931 году. Эскимос Такпук и члены его группы высадились на остров и сделали ряд фотографий, так что «открытие» хорошо документировано. На «острове» были земля, трава и мхи.

Хотя доктор Фредерик Кук был склонен с большой легкостью относиться к правде — он никогда не достигал ни полюса, ни даже вершины горы Мак-Кинли (а он утверждал и то, и другое), — однако он дал описание «старого льда», через который он прошел на санях и который очень походит на ледяной остров.

Нельзя с уверенностью утверждать, что «земля» Пири в Северном Ледовитом океане является ледяным островом, но то, что Пири видел «родину» ледяных островов на северном побережье острова Элсмир, не подлежит сомнению. Он пересек на санях волнистый шельфовый лед, который тянулся вдоль берега на многие километры и выдавался в море более чем на 50 км. Пири видел также, что большие участки льда откалывались и уносились в море. Среди тех, кто занимается изучением происхождения ледяных островов, никто не сомневается, что именно этот район — место их возникновения. На некоторых снимках, сделанных с воздуха, хорошо видно, что в кромке шельфового льда острова Элсмир есть выемки, в которые совершенно точно могли бы войти близлежащие ледяные острова. К тому же все ледяные острова, включая и те, которые расположены далеко от острова Элсмир, имеют такую же поверхность, как и шельфовые льды последнего.

Русские, очевидно, впервые близко столкнулись с ледяными островами в 1946 году, в том самом году, когда был открыт Т-1. В 1947 году ледокол «Микоян» доставил на один из них партию советских ученых.

ОСВОЕНИЕ

Вскоре после открытия Т-1 американские летчики пришли к выводу, что ледяные острова можно использовать для устройства на них полупостоянных и даже постоянных станций для

научных исследований и наблюдений за погодой в малоизвестных районах Арктики. Было очевидно, что эти «острова» стабильны; толщина их значительная, дрейфуют они сквозь пак месяц за месяцем и, видимо, год за годом, практически не меняя свои размеры и форму. Благодаря ровной, гладкой поверхности они хороши и как посадочные площадки даже для самых больших самолетов. Временным жителям ледяного острова нечего бояться, что трещина расколется их лагерь на части, тогда как экспедиции, дрейфующие на тонких ледяных полях, все время подстерегает такая опасность.

19 марта 1952 года была осуществлена первая в истории посадка на ледяной остров: самолет приземлился на Т-3, когда он находился менее чем в 160 км от полюса. На остров была высажена группа из трех человек, которая должна была организовать лагерь и начать научную работу. С этого момента их «дом» получил название Ледяной остров Флетчера — в честь подполковника Дж. О. Флетчера, руководителя первой экспедиции, доставленной самолетами на одну из плавучих льдин. В последующие месяцы в составе экспедиции были сделаны некоторые замены, но остров постоянно оставался «населенным» в течение двух лет. За это время он прошел вблизи полюса и далее на юг, к побережью острова Элсмир.

В 1957 году, когда остров Флетчера вновь направился по курсу, пролежавшему среди белых просторов Арктики, на нем опять поселилась научная экспедиция. За два месяца после ее высадки была подготовлена площадка длиной 1,5 км, на которую можно было без опасений посадить тяжелые четырехмоторные самолеты. В июне 1960 года остров, попав в неглубокие воды примерно в 50 км к северу от мыса Барроу (Аляска), сел на мель. Спустя немногим больше года он оказался на свободе и, проделав короткий дрейф, застрял снова; после этого научная станция прекратила работу.

В различные периоды американцы занимали также острова Т-1 и Т-2; как известно, и советские ученые организовали на ледяном острове станцию под названием «Северный полюс-6».

Обычно дрейфующие станции временно закрываются, пока они проходят близко от берега. В таких случаях они для наблюдений за погодой не представляют большой ценности, ибо такую же информацию легко получить с береговых станций.

Какую практическую помощь могут оказать ледяные острова?

По инициативе Скандинавской службы воздушных сообщений между Европой и Северной Америкой проложено несколько регулярно действующих коммерческих трасс, проходящих над Гренландским ледниковым щитом и водами Канадского архипелага, забитыми льдами.

Со временем воздушное пространство над арктическими районами, даже над арктическим паком и над самим полюсом, дол-

жно использоваться все интенсивнее. Самые прямые воздушные пути между Западной Европой и многими другими местами, в том числе Японией, западом Канады и Соединенными Штатами, лежат через Арктику. Прямые воздушные линии между внутренними областями Северной Америки и практически любым местом Советского Союза проходят над Северным Ледовитым океаном.

Поэтому наблюдения над погодой, ведущиеся с ледяных островов, всегда будут чрезвычайно важными. Не менее ценны наблюдения над земным магнетизмом, полярным сиянием и солнечной радиацией. Мы еще многого не знаем о циркуляции вод внутри Арктического бассейна и о том, как происходит водообмен с другими океанами. Нам мало что известно о возрасте вод на различных глубинах. Изучение температуры, течений, солености и жизни арктических морей на всех глубинах должно дать ключ к разгадке многих проблем океанографии. Пробы грунта, взятые со дна океана, помогут раскрыть некоторые важные тайны, имеющие прямое отношение к вопросам климатологии.

Несомненно, многое для познания Арктики дали бы фотографии морского дна. Но здесь этот метод исследований находится пока еще в зародышевом состоянии. Первые фотографии дна в центральной области Ледовитого океана (сейчас, когда пишется эта книга, они пока единственные) сделаны учеными из Ламонтской геологической лаборатории — участниками дрейфа на станции «Альфа», когда она находилась недалеко от полюса недоступности. С помощью камеры, опускавшейся на стальном кабеле на морское дно (в двух местах), было сделано сто сорок снимков.

Впервые бросив взгляд на подводный ландшафт арктических глубин, человек обнаружил, что и там есть жизнь, и заметил такие особенности рельефа, которым трудно дать удовлетворительное объяснение. Жизнь в этих пространствах скудна, но на фотографиях можно узнать колонию мшанок и морского анемона. Другие, правда, более сомнительные объекты также могут быть формами жизни, но отождествить их с какими-нибудь известными формами не удалось.

Самая интересная черта океанического дна этих мест — множество валунов и обломков горных пород, в беспорядке раскиданных тут и там; они в изобилии имеются на ледяных островах и, когда лед тает, опускаются на дно океана.

Ученые, дрейфовавшие на Т-3, делали множество промеров глубин вдоль пути следования острова, применяя тот же метод, какой используется при определении толщины ледников, — они взрывали заряды динамита и засекали время возвращения эха. Промеры в районе полюса показали, что остров проходил над крупным подводным хребтом — тем самым, который в 1948-49 го-

ду обнаружила советская дрейфующая экспедиция и который был назван ею хребтом Ломоносова. Средняя глубина Северного Ледовитого океана — от 2700 до 3600 м; хребет, местами не доходя всего лишь 900 м до поверхности моря, разделяет океан на восточный и западный бассейны, играя, по сути дела, в Арктическом бассейне такую же роль, что и Срединно-Атлантический хребет в Атлантике.

Глубина океана у Северного полюса, несмотря на близость хребта, составляет 4200 м. Представление об общих контурах этого арктического подводного края основано на сведениях о множестве отдельных его участков. Сейсмические данные, которые в будущем накопят дрейфующие станции, сделают возможным создание подробной карты этой большой, но малоизученной формы рельефа Земли.

Погода и климат большей части северного полушария определяются Арктикой. Если человек достигнет наконец успеха в долгосрочных прогнозах погоды, то в очень большой мере это станет возможным благодаря тому, что он узнал, работая на ледяных островах.

Когда современный воздушный путешественник, с комфортом расположившись в отапливаемом самолете, который пересекает разреженные воздушные пространства над Арктикой со скоростью, близкой к скорости звука, время от времени бросает взгляд на сверкающий внизу мир голубой воды и белоснежных ледяных полей, он не должен забывать, как безжалостно обходятся эти стихии с исследователями и как одиноки люди на плавучих дрейфующих станциях, затерянных в Арктике, — люди, которые делают возможным полет нашего путешественника.

КУДА ДЕРЖАТ ПУТЬ БЛУЖДАЮЩИЕ ОСТРОВА

Каждый ледяной остров, хотя он делает зигзаги и иногда даже «пятится» назад, проходит в Ледовитом океане (в той его части, которая граничит с Северной Америкой) многие тысячи километров, описывая при этом неправильную окружность. Он берет старт от северного побережья острова Элсмир, поворачивает на запад, идет вдоль берегов Канадского архипелага, а затем, уже находясь к северу от Аляски, выходит в открытый океан. Отсюда он по большой дуге дрейфует сначала на север, к району полюса, а затем сворачивает к югу и возвращается к месту старта — к побережью острова Элсмир или поблизости от него. Чтобы совершить такое путешествие, острову требуется от 10 до 12 лет; в среднем его скорость немного превышает 1,5 км в день.

В 1958 году ледяной остров Флетчера начал совершать второй после его открытия круг по Арктике, а с момента его рождения это был всего лишь третий круг. Остров нес на себе клочки

живых мхов и веточки ивы; после сравнения годовичных колец последних с кольцами наземных ив ученые пришли к выводу, что остров, должно быть, оторвался от суши еще в 1935 году.

Иногда движения ледяных островов происходят независимо от пака; свидетельство тому — пространства открытой воды, часто появляющиеся с подветренной стороны. Вероятно, небольшие зигзаги курса вызываются изменением направления ветра и отклоняющим действием пака, но генеральное движение островов определяется, по-видимому, океаническими течениями. Их траектории наталкивают на мысль, что в Северном Ледовитом океане есть подводное течение, движущееся по часовой стрелке между хребтом Ломоносова и северными берегами Северной Америки.

Хотя некоторые из ледяных островов, вовлеченных в круговорот течений, возможно, уже проциркулировали в Ледовитом океане по многу раз, многие из них движутся по этому курсу более 30 лет. С каждым «оборотом» они все больше удаляются от обычной гигантской траектории и в конце концов совсем покидают ее, уходя влево, перед тем как пуститься в дрейф на запад, к северным берегам Гренландии. Затем они начинают перемещаться на юг, где их подхватывает Восточно-Гренландское течение. После тридцатилетнего скитания по Арктике большой ледяной остров в конце концов достигает морских путей Северной Атлантики.

По-видимому, то же происходит с ледяным островом, на котором в 1956 году была основана советская станция СП-6. Тогда остров находился севернее острова Врангеля. Более трех лет станция дрейфовала по курсу, незначительно отличавшемуся от курса «Фрама». В сентябре 1959 года она прекратила свое существование, так как ледяной остров, подхваченный Гренландским течением, должен был покинуть Ледовитый океан и, повторяя дрейф папанинцев, направиться вдоль восточного побережья Гренландии. Хотя к тому времени, когда станция перестала функционировать, она удалилась от места старта на 2600 км, в общей сложности она покрыла расстояние в 9330 км благодаря зигзагам и даже возвратным движениям.

Когда другой остров, Т-1, видели в последний раз, он, по-видимому, также был на пути из Ледовитого океана, так как входил в пролив между Гренландией и Шпицбергенем.

Однако самые крупные ледяные острова движутся на юг. Пробиваясь через лабиринт проливов в Канадском архипелаге, они садятся на мель и в конце концов прекращают свое существование в этих относительно теплых водах.

Несмотря на то что над Северным Ледовитым океаном летало и летает множество самолетов, новые ледяные острова открывают и до сих пор. Не далее как в мае 1961 года экспедиция, вылетевшая на трех самолетах с мыса Барроу (где расположена Арктическая исследовательская лаборатория ВМФ США),

чтобы основать дрейфующую станцию на предварительно подобранном ледяном поле, заметила новый ледяной покров размерами $3,2 \times 6,5$ км.

Члены экспедиции быстро изменили свои планы, высадились на остров и организовали на нем станцию АРЛИС-II* — ведь ледяной остров наверняка надежнее ледяного поля, а это позволяло рассчитывать, что станция просуществует несколько лет.

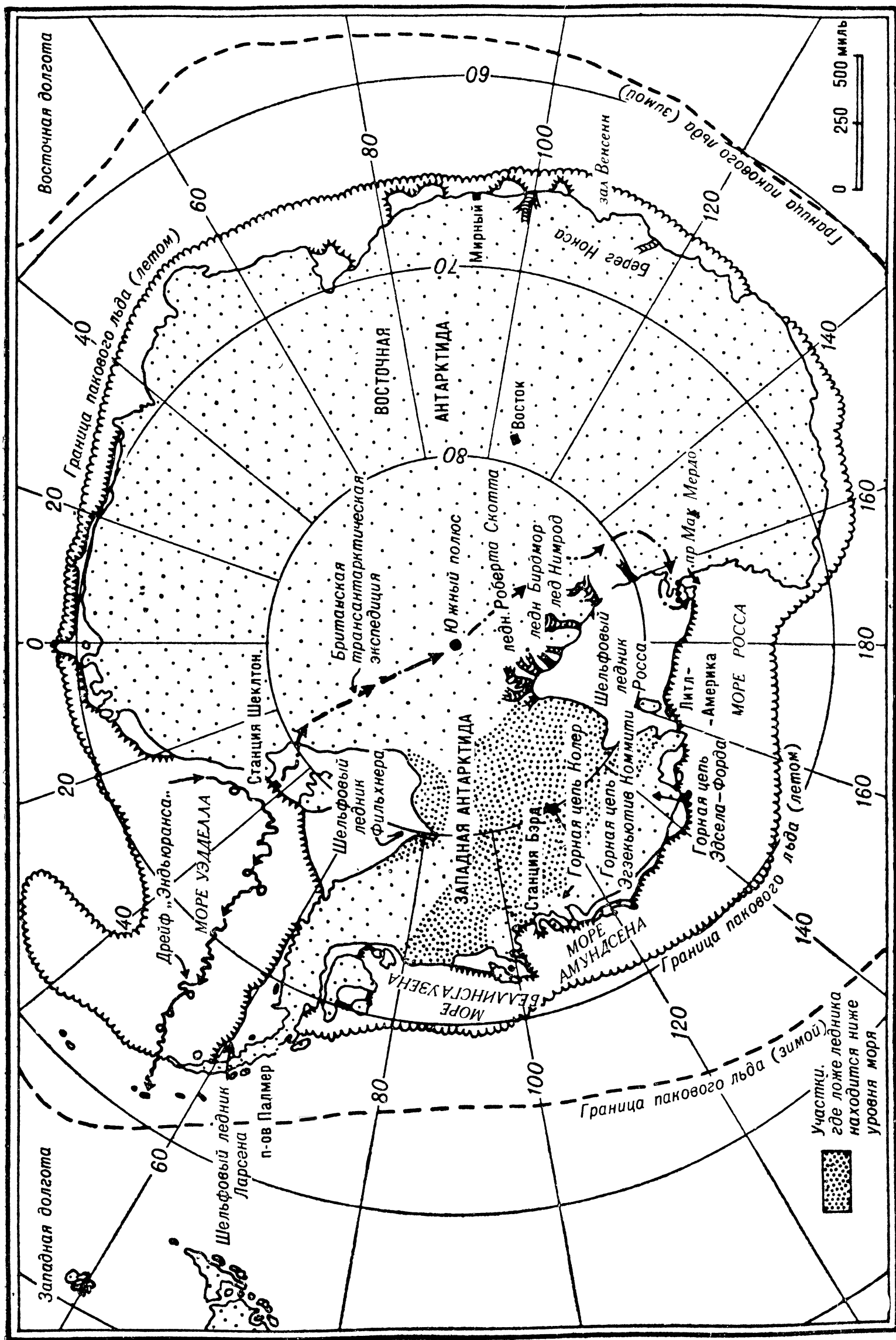
Работа, ведущаяся на АРЛИС-II, несомненно, будет очень плодотворной, и не только для гляциологии и истории ледяных островов, но и для океанографии, метеорологии, гидробиологии и других наук. Сразу после посадки члены экспедиции заметили, что их остров тоньше, чем более крупные острова, и что он несет на себе обломки скальных пород (один из них достигал в высоту 15 м) и валуны диаметром до 3 м. После того как ученые обосновались на своем острове, они встретили полярного медведя, полярную лису и других животных. Было обнаружено множество растений, среди них травы, камнеломки и лишайники. Через семь дней после того, как их собрали, они с успехом прижились в Арктической исследовательской лаборатории на мысе Барроу. Так еще одна маленькая группа преданных науке людей начала свою трудную жизнь на ледяном острове, дрейфуя в одиночестве по «крыше мира» (для них многое могло сложиться и хуже — они располагали по крайней мере койками с матрацами, бельем и одеялами). Пока их «корабль» не наскочит на мель или пока он не выйдет за пределы Арктики, обитатели станции АРЛИС-II, подобно тем, кто предшествовал им на других дрейфующих станциях, будут пополнять наши знания о движущих силах и процессах, которые делают Землю такой, какая она есть.

ОТКУДА ПОЯВЛЯЮТСЯ ЛЕДЯНЫЕ ОСТРОВА?

Когда адмирал Пири и другие более ранние исследователи пересекали на санях шельфовые льды вдоль северного побережья острова Элсмир, они задумывались над происхождением этого своеобразного образования. Хотя с тех пор ученые многое узнали о характере шельфового льда, они все еще продолжают изучать его, чтобы выяснить, при каких климатических условиях он возникает, и связать эти условия с известными нам климатами прошедших эпох.

Изучая образцы льда, добытые с помощью бурения шельфового льда и отколовшихся от него ледяных островов, ученые установили, что в некоторых местах возраст льда превышает 1000 лет. Верхние слои шельфового льда представлены главным

* ARLIS-II (Arctic Research Laboratory Ice Station Number Two) — Арктическая исследовательская лаборатория, ледовая станция № 2. Станция АРЛИС-I была закрыта двумя месяцами раньше, так как возникла опасность разлома поля, на котором она стояла (Прим. авт.)



образом фирном, который образовался из ежегодно выпадавшего снега. Местами фирн покоится на старом глетчерном льду, который можно распознать по характерному сцеплению его кристаллов; ниже залегает лед, образующийся в результате замерзания морской воды.

Если бы не относительно небольшая толщина шельфового льда острова Элсмир, его можно было бы уподобить грандиозным шельфовым ледникам Антарктиды.

Кое-где вдоль побережья острова, особенно в окрестностях длинного фьорда, известного под названием залива Элвертона, к шельфовому льду присоединяются, сливаясь с ним, ледники, сползающие в море. На них, по крайней мере отчасти, лежит ответственность за изменения ледяного покрова. Предполагают, что множество больших валунов и обломков горных пород, путешествующих по Арктике вместе с ледяными островами, занесено на шельфовый лед непосредственно ледниками. С другой же стороны, на большей части побережья, к которому примыкает шельфовый лед, ледников нет совсем.

В последние годы к шельфовым льдам острова Элсмир лед уже не добавляется; весь снег, который скапливается за зиму, и некоторое количество льда, на котором он покоится, летом тают.

Из сообщений исследователей раннего периода видно, что в прежние времена шельфовые льды занимали большую площадь. Кроме того, значительный возраст шельфового льда заставляет предположить, что он образовался много лет тому назад, когда климат был холоднее, чем ныне. Тогда некоторое количество снега, выпадавшего на лед каждую зиму, «консервировалось», к тому же ледники были крупнее и, быть может, покрывали некоторые из тех пространств, которые сейчас свободны ото льда.

Как бы то ни было, даже если шельфовый лед и сокращается, от огромной ледяной авансены, окружающей остров Элсмир, и впредь будут откалываться огромные глыбы, чтобы пуститься в продолжительное путешествие через Полярный бассейн. *

Подводные лодки могут всплывать на поверхность в летних полыньях и, подобно китам, пробивать тонкий, только что родившийся лед в зимних полыньях, как это сделали подводные лодки «Скейт» в марте 1959 года и «Сарго» в феврале 1960 года. Но с подводных лодок нельзя вести постоянные метеорологические наблюдения; они не могут заменить дрейфующие станции. Поэтому советские и американские ученые еще долгое время будут продолжать следовать друг за другом на ледяных кораблях Арктики.

* В 60-х годах нашего века шельфовый ледник Элсмира распался на отдельные айсберги и перестал существовать.

ЖИЗНЬ НА ЛЬДУ

Есть ли жизнь на ледниках? Обитают ли на них какие-нибудь растения или животные?

Различные звери пересекают ледники, чтобы попасть с одной стороны долины на другую или с одного склона хребта на другой. Я часто видел, что серые медведи гризли, горные козлы, горные бараны переходили через ледники в северных районах Скалистых гор. На фирновых полях некоторых ледников есть протоптанные козлами тропинки, которые в большинстве случаев играют роль окольных путей для обхода самых обрывистых стенок цирка, отпугивающих животных даже с такими крепкими ногами, как у козлов.

Известно много видов животных, часто посещающих гималайские ледники. Среди них дикий як, каменный козел, тибетская антилопа, снежный леопард, рысь, волк и другие. Однако пребывание их на леднике очень непродолжительно и в большинстве случаев, вероятно, вызвано необходимостью.

Сообщают еще об одном путешественнике по ледникам. Это йети, или снежный человек. В качестве достоверного доказательства его существования ссылаются на следы его ног, обнаруженные на высоких фирновых полях и ледниках Гималаев. До сих пор эти следы, тщательно исследованные и сфотографированные, не удалось связать ни с одним из известных животных. Самые большие отпечатки ступни в среднем имеют 25,4—30,5 см в длину и 11,4—15,2 см в ширину. Предполагают, что обладатели их — четвероногие существа весом 75 кг. Нет никаких документальных данных о том, что кто-нибудь действительно их видел, хотя многие люди, главным образом шерпы, утверждают, что встречали их. Бóльшая часть таких показаний исходит от людей, в примитивной жизни которых суеверия играют важную роль.

Эрик Шиптон, участник восхождения на Эверест, видел много следов йети во время нескольких экспедиций в Гималаи. В 1951 году он наткнулся на них в южной части Эвереста на высоте 5700 м на леднике в бассейне Менлунга. Увидев эти следы, его проводник шерп Сен Тенсинг описал встречу, которая якобы

произошла у него со снежным человеком. Вот что пишет Шиптон: «Сен Тенсинг, который нисколько не сомневался в том, что эти следы принадлежали «йети», или диким людям (судя по следам, их было по крайней мере двое), рассказал мне, что за два года до этого он и еще несколько других шерпов видели снежного человека в Тхьянгбоче на расстоянии 25 ярдов. По его описанию, это был получеловек, полузверь, ростом около пяти с половиной футов, с высокой заостренной головой. Все его тело было покрыто рыжевато-коричневыми волосами. На лице волос не было. Когда в конце ноября мы прибыли в Катманду, я снова допросил его, на этот раз на непальском языке (обычно я разговаривал с ним на хиндустани). Искренность его слов не вызвала никаких сомнений. Он был убежден, что это существо не было ни медведем, ни обезьяной, которых, конечно, он знает очень хорошо. Из всех теорий, выдвинутых для объяснения этих следов, единственная, которая представляется в какой-то степени правдоподобной, заключается в том, что следы принадлежат обезьяне лангур. Но даже и эта теория далеко не убедительна, с чем, я думаю, первыми согласятся те, кто ее выдвинул».

Описания, поступающие от лиц, будто бы видевших снежного человека, совпадают с рассказом Сен Тенсинга. Некоторые ученые, изучавшие следы или их фотографии, придерживаются точки зрения, упомянутой Шиптоном, т. е. считают, что скорее всего следы оставила большая обезьяна лангур. По мнению других, они принадлежат человекообразной обезьяне или медведю (на отдельных снимках отчетливо виден рисунок когтей).

Как бы там ни было, какое-то большое животное (и, вероятно, не одного вида), следы которого еще не опознаны, бродит по ледникам и фирновым полям Гималаев. Что же оно делает на таких негостеприимных высотах, где, по-видимому, нет никаких источников пропитания? Очевидно, оно живет на более низких возвышенностях, но путешествует через ледники к высоким перевалам в поисках нового жизненного пространства на другой стороне водораздела. Тот, кто придерживается менее серьезных взглядов, возможно, считает, что йети, подобно путешественникам, которые находят их следы, любят скитаться по высокогорным местам, время от времени совершая экскурсии в царство богов. Хотя три экспедиции — американская, британская и советская, предпринятые с целью найти йети, потерпели неудачу, тайна этого неуловимого высокогорного путешественника, несомненно, будет когда-нибудь раскрыта.

На вершины сотен высоких гималайских пиков еще до сих пор не ступала нога человека. Но так как величайшие пики уже покорены, можно надеяться, что будущие экспедиции посвятят больше времени научным исследованиям и, может быть, поискам снежного человека. Вполне вероятно, что снежный чело-

век — это, как считает Эдмунд Хиллари, хорошо известное гималайское животное, например слон, легко переносящий пребывание в разреженном воздухе Гималаев.

Иногда причина, по которой животные приходят на ледники, более очевидна, чем в случае с йети. Некоторые виды птиц проводят много времени на ледниках летом. Особенно часто посещают ледники шеврица и розовый вьюрок. Развеянные ветром семена, которыми они питаются, очень хорошо видны на поверхности ледника, и птиц просто привлекает легкий способ добычи пищи.

Ветер часто заносит на ледники насекомых, которые быстро застывают от холода и погибают. На некоторых ледниках в горах Бертес близ Йеллоустонского парка и в Крейзи-Маунтинс в центральной части штата Монтана годами лежат массы саранчи, вмерзшие в лед. Наиболее известен в этом отношении ледник Фрассхопер* в горах Бертес приблизительно в 20 км севернее городка Кук у северо-восточного входа в Йеллоустонский парк. Саранча, оказавшаяся в результате таяния льда у подножия ледника, погибла в фирне, вероятно, лет 200 тому назад. Обилие ее на поверхности льда иногда привлекает сюда медведей и птиц. Когда насекомых очень много, запах их гниения слышен на расстоянии полукилометра. В больших количествах саранча была найдена на высоте 4800 м на одном из ледников высокой горы Кения в Африке.

Теперь перейдем к тем представителям животного царства, которые всю свою жизнь проводят на ледниках. Небольшое бескрылое насекомое, принадлежащее к отряду *Collembola*, известное под названием ногохвостка снежная, живет исключительно на снегу и льду. На ледниках Альп, на горе Рейнир и в других местах этих насекомых так много, что иногда из-за них поверхность льда выглядит черной. Ночью они крепко примерзают к субстрату. Питаются пылью хвойных деревьев, приносимой на ледник ветром.

Всю жизнь на ледниках, по-видимому, проводит небольшой червь из отряда *Oligochaeta* (в который входит также вездесущий земляной червь). Ледниковые черви найдены на ледниках и снежных площадках на всем пространстве от Орегона до Аляски. На некоторых ледниках горы Рейнир и в Олимпийских горах в больших количествах живет червь величиной немногим больше сантиметра, но с длинным названием: *Mesenchytralis solifugus rainierensis*. Из яиц, отложенных на снегу, на льду или в лужах талой воды, личинки вылупляются при температуре ниже нуля.

В животном мире хищник и его жертва всегда существуют рядом. Ногохвостка снежная и червь — не исключение: они де-

* Grasshoper — по-английски саранча, кузнечик.

лят свою суровую среду с несколькими видами других крошечных животных, главным образом с клещами, которые охотятся за ними.

Растения тоже приспособились к жизни на льду. «Красный снег», встречающийся на ледниках всего мира,— это не что иное, как колонии микроскопических водорослей, и среди этих примитивных растений живут ледниковые черви и хищники-клещи.

Ниже фирновой линии на Гренландском ледниковом покрове есть огромные пространства, усеянные близко расположенными друг к другу цилиндрическими ямками глубиной до 60 см и диаметром от 2 см или меньше до 1 м и более. В течение сезона таяния они заполняются водой. На дне каждого цилиндра находится мелкозернистое желатиноподобное вещество, называемое *криоконитом*. Оно состоит частично из пыли, приносимой ветром из районов, расположенных за пределами ледника, частично из большого количества органического вещества, в которое входит несколько видов сине-зеленых водорослей и плесени. Среди водорослей и плесени обитают микроскопические животные, принадлежащие к группе коловраток. Зимой (а она здесь продолжается большую часть года) вода и водоросли замерзают. Летом, как только солнечный свет коснется этих крошечных растений, они снова начинают расти. Лед не мешает им нормально развиваться. Об этом свидетельствует то обстоятельство, что ямки, в которых они живут, образуются под действием тепла, возникающего в результате фотосинтеза и метаболизма. Ученые проделали следующий опыт. Они взяли горсть криоконита и положили его на лед. Через десять дней эта новая колония «разработала» ямку глубиной почти 30 см. На следующий год колония была в полном здравии. По мнению исследователей, жизнь водорослей в больших ямках в местах, где края ледника движутся со скоростью около 1,6 км в 100 лет, зародилась 100—200 лет тому назад выше на леднике.

Хотя на обширных просторах ледникового покрова Антарктиды нет постоянной жизни, но некоторые ее формы найдены на большом расстоянии от побережья в глубине материка. Группа ученых, возглавляемая гляциологом Трой Певэ, нашла в свободном ото льда районе в окрестностях пролива Мак-Мёрдо хорошо сохранившиеся высохшие трупы тюленей. Несколько таких мумий найдено на ледниках и на территории, окруженной ледниковым льдом,— иногда на расстоянии до 70 км от моря и на высоте 750 м над его уровнем. Холодный сухой климат— идеальное условие для замедления процессов органического разложения, и Певэ считает, что все животные, тюлени и птицы, которые бродили по матерiku и погибали там в продолжение последних 2000 лет, хорошо сохранились.

За полвека до этого члены экспедиции Скотта нашли тюленей-крабоедов в районе пролива Мак-Мёрдо в 65 км от побе-

режья на высоте 720 м над уровнем моря. Так как тюлени были либо мертвыми, либо умирали, исследователи предположили, что они, по-видимому, пустились в свой далекий путь в поисках уединения. Так обычно поступают многие животные, если они ранены или больны.

Чемпионом передвижения на большие расстояния в Антарктиде является чайка поморник. Несколько ее стай видели на высоком Полярном плато в 800—1000 км от ближайшей открытой воды. В январе 1912 года Скотт встретил ее в 260 км от полюса. Летом 1929 года члены санной экспедиции доктора Лоуренса Гулда с удивлением наблюдали, как поморник ел остатки собачьей пищи у их лагеря на шельфовом леднике Росса. От открытой воды до этого места птице пришлось пролететь не менее 800 км. Так как чайки вообще любят поживиться едой на даровщинку, возможно, что они летят по следу собачьих упряжек.

Хотя императорский пингвин не обитает на ледяном покрове Антарктиды, практически он живет на льду. Первое подробное изучение его жизни было предпринято в 1952 году членами французской экспедиции на побережье Земли Адели в Восточной Антарктиде. Только после начала МГГ были открыты 8 из ныне 14 известных мест, где пингвины выращивают своих детенышей.

Императорский пингвин живет в среде, существование в которой для любого другого животного было бы ужасным испытанием. В конце лета, когда все птицы, которые водятся на скалистых берегах Антарктиды, уже улетают на север, в места с более теплым климатом, императорский пингвин выходит из моря на побережье, чтобы вывести детенышей на припай. Почти во всех случаях яйцо и вылупившийся из него птенец находятся на льду. Поздней осенью самка откладывает одно яйцо. Через три часа после этого она передает его самцу для высиживания. В продолжение двухмесячного периода инкубации, во время которого температура может упасть до -60° , самец не сидит на яйце, а все время стоит. Яйцо лежит в складке кожи между ногами и нижней частью живота.

Передав яйцо самцу, самка отправляется (пингвины ходят с трудом и совсем не могут летать) через морской лед к открытой воде, иногда за 150 км, чтобы после длительного поста покормиться рыбой. Через два месяца, разжирев, она возвращается к своему супругу с запасом пищи в желудке для будущего детеныша — как раз ко времени, когда он должен вылупиться. После появления птенца самец, ослабевший от голодовки, в свою очередь пускается в длинный путь по льду к открытой воде, предоставив своей подруге заботиться о потомстве. Отрывая пищу, которую она сама недавно съела, самка кормит детеныша. Самец возвращается назад только через два месяца, после чего начинается очередной двухмесячный пост,

продолжающийся до тех пор, пока не вскрыется морской лед. Тогда вместе с открытой водой к гнездовью пингвинов подходит и место их кормления.

Десять месяцев в году, т. е. за исключением краткого периода, когда они добывают себе пищу в холодной воде вдоль припая, эти выносливые птицы живут на льду. В самую суровую часть ночи, когда бушуют штормы, «императоры» собираются в тесные группы овальной формы. Стоя на льду, прижав к телу свои неприспособленные для полета крылья и вплотную примкнув друг к другу, они защищают себя от сильного холода. В таком положении они могут находиться несколько дней, и только птицы, стоящие по краям этой группы, приносят свои спины в жертву стихии.

Во время МГГ партии, направлявшиеся со станции Бэрд в глубь Западной Антарктиды, находили следы пингвинов в 250 км от ближайшего побережья. Даже для такой удивительной птицы, как пингвин, это невероятный подвиг. Похоже, что в Антарктиду вторгся миниатюрный «снежный человек».

Ученые, принимавшие участие в МГГ, собрали споры и пыльцевые зерна, лежавшие во льду у Южного полюса на глубине 27 м от поверхности. По-видимому, эти крохотные частички, занесенные сюда ветром издалека, могут сохраняться во льду тысячелетиями.

В районе Северного полюса тоже зимуют птицы. Маленькая чайка розовая осенью перелетает из своих гнездовий в Восточной Сибири на арктическое побережье Аляски, а затем к Полярному бассейну. Здесь она проводит зиму в ледяной мгле, кое-как перебиваясь рыбой, которую ловит в немногочисленных и быстро замерзающих разводьях.

Различные формы животной жизни встречаются почти всюду в огромной пустыне арктического пака. Белые медведи посещали советские и американские дрейфующие станции даже вблизи полюса. На расстоянии многих миль от берегов на льду видели песцов, которые идут за медведями, чтобы поживиться остатками их пиршества. Незадолго до того, как дрейфующая станция «Альфа» раскололась и была покинута, медведица и ее детеныш запутались в проводах осветительных устройств взлетной дорожки, погасив весь свет как раз в тот момент, когда самолет готовился приземлиться. Очевидно, это был протест медведей против вторжения чужестранцев в их царство.

Теперь белому медведю стала угрожать новая опасность, против которой вряд ли ему сможет помочь его невероятная сила и выносливость. В любой день какой-нибудь делец, сев на самолет в Чикаго, может высадиться на пак у побережья Аляски, убить медведя и вернуться в свою контору прежде, чем его сотрудники узнают, что его не было. Такая охота на медведя небезопасна, тем не менее это такой вид спорта, который, если

его не поставить под строгий контроль, может окончиться плачевно для медведей.

Присутствие медведей на полярном паке в сотнях километров от берега означает, что тюлени, которыми они питаются, тоже населяют эти ледяные воды. Разводя в относительно тонком летнем паке используются тюленями для дыхания. Зимой, когда разводий мало и они быстро замерзают, тюлени сами делают для дыхания отверстия в молодом льду, покрывающем трещины и каналы. В борьбе за существование тюлень должен не только постоянно искать рыбу в темноте подо льдом, но и достаточно часто возвращаться к своим «отдушинам», чтобы держать их открытыми. Это очень трудно, если учесть, что температура воздуха много ниже нуля. Отверстия могут за зиму оказаться окаймленными льдом толщиной почти 3 м. Тюленю угрожает перспектива погибнуть, примерзнув ко льду в узком проходе, через который он должен пройти, чтобы добраться до воздуха. Если отверстие для дыхания замерзает настолько, что тюленю не под силу сломать лед, он будет обречен на гибель, разве что он достигнет другого отверстия. Однако в такое затруднительное положение животные попадают редко, так как обладают чутьем находить такие места, где благодаря подвижкам льда образуются участки открытой воды. Чем дальше расстояние от края пака, тем реже можно встретить тюленей, но их видели и в двух градусах от полюса.

Белые медведи и песцы в своих блужданиях по паку проходят иногда через ледяные острова. На некоторых островах нередко обнаруживают следы животных, посещавших эти острова еще раньше. Вскоре после первой высадки на ледяной остров Флетчера там были найдены рога канадских оленей и остатки других наземных животных, в том числе леммингов, несомненно попавших на остров, когда он еще был частью шельфового льда у побережья острова Элсмир.

Живое существует везде и может приспособиться почти к любой обстановке, какой бы негостеприимной она ни была. Куда бы ни проник человек, снабженный защитной одеждой, располагающий обогреваемым убежищем, кислородными приборами и батисферами,— он всюду найдет ту или иную форму жизни, приспособившуюся к окружающей среде.

ЛЕД ПОД ЗЕМЛЕЙ

В 1799 году тунгус по фамилии Шумаков, охотясь около устья Лены, заметил высоко на обрыве странный предмет, вмерзший в песок. Подозревая, что находка представляет ценность, он решил вернуться сюда на следующий год в надежде, что она оттаяет. В течение четырех лет он возвращался к этому месту, но предмет, в котором он опознал труп большого животного с бивнями, все еще находился в замерзшем состоянии. Однако на пятый год терпение Шумакова было вознаграждено: животное оттаяло от мерзлого песка и соскользнуло к подножию обрыва. Тело животного в то время было почти не повреждено. Шкура, мясо и кости полностью сохранились. Шумаков отрубил бивни и продал их купцу за 50 рублей.

В течение следующих двух лет медведи и волки уничтожили те части тела животного, которые не были покрыты песком, а часть мяса местные якуты скормили собакам. К счастью, путешествовавший в то время по Сибири М. Ф. Адамс, зоолог и член Российской Академии наук, прослышал об этом животном и посетил место его находки. Из рисунка, сделанного купцом, который видел животное вскоре после того, как оно оттаяло, из устного описания, сделанного Шумаковым, и в результате исследований Адамса стало совершенно очевидно, что животное принадлежало к роду вымерших слонов — мамонтов.

Когда Адамс прибыл на место, мягких частей от трупа осталось мало, но зато кожа сохранилась довольно хорошо. Большая часть кожи покрывала ту часть тела, которая соприкасалась с землей. Кожа головы, за исключением одного уха, была вполне цела. Самой замечательной частью находки, однако, был глаз, сохранивший свой первоначальный цвет. Адамс смог спасти почти все кости и часть толстой, покрытой волосами шкуры. Он собрал также около 15 кг шерсти мамонта, которую дикие животные, поедавшие его, разбросали по земле.

Хотя ученый увидел мамонта спустя почти семь лет после того, как животное освободилось из замерзшего песка, этот мамонт стал первым, чьи остатки были выставлены в музее.

Скелет с бивнями, взятыми от другого мамонта, был собран в Петербургском зоологическом музее. Затем части кожи и волосы попали в музеи Москвы, Штутгарта, Берлина и Лондона.

Труп мамонта Адамса, вероятно, был лучшим из когда-либо найденных в мерзлой земле сибирской тундры, но, конечно, он не был первым. Трудно сказать, когда это животное было обнаружено впервые, так как наиболее старые сведения о нем можно найти только в легендах и фольклоре. Но есть письменные свидетельства о находках замерзших слонов, относящихся к XVII веку. В статье, опубликованной в «Трудах Американского философского общества» в 1929 году, И. П. Толмачев перечислил 34 находки, сделанные между 1692 и 1924 годами. Большинство из них было обнаружено к северу от полярного круга между Таймыром и Чукотским полуостровом. Многие оказались потерянными для науки, так как их уничтожили прежде, чем до них добрались ученые. Вероятно, существовало много других находок, о которых из-за дальности расстояния не сообщалось. Кроме трупов, в сибирской тундре были найдены бивни и кости, принадлежавшие многим тысячам мамонтов. Некоторые места в тундре, должно быть, выглядели так же, как североамериканские прерии в то время, когда они были усеяны костями бизонов.

Целых трупов, за исключением мамонта Адамса, было мало или вовсе не было. Большинство находок состояло из бивней, разбитых костей и разного количества мяса (нередко в состоянии частичного гниения), кусков шкуры и массы волос. Многие трупы мамонтов были обнаружены по запаху, который исходил от них.

По-видимому, наиболее интересным из всех сибирских ископаемых слонов является Березовский мамонт, открытый в августе 1900 года эвеном С. Тарабукиным во время охоты на оленя. Из промерзшей земли торчала только голова животного без хобота и одного бивня. У Тарабукина, как и у всех жителей этой местности, было суеверное представление, что человек, который выроет или даже тронет мясо этих замерзших животных, накличет на себя болезнь. Это, однако, не помешало ему отрубить оставшийся бивень, который он позже продал казаку Явловскому. К счастью, Явловский понял, что находка имеет научное значение, и в начале зимы посетил место, где лежал мамонт. К этому времени большая часть животного оттаяла и освободилась от замерзшей земли, в которой оно было захоронено. Сознавая необходимость сохранить животное, Явловский доложил о находке губернатору Якутска. Около середины апреля следующего года это сообщение достигло Академии наук в Петербурге. Академия немедленно приступила к организации экспедиции. 3 мая экспедиция под руководством О. Ф. Герца отправилась в путь.

В июне экспедиция достигла Якутска. Оставалось пройти еще 2400 км через пространства, доступные только зимой, так как летом здешние тропы и дороги превращались в почти непроходимое море грязи. Но Герц и его помощники горели желанием как можно быстрее дойти до места. Чтобы верхом на лошадях, перевозя снаряжение на вьючных животных, покрыть эти 2400 км, отделявших их от цели, им понадобилось более трех мучительных месяцев.

11 сентября начались работы по извлечению мамонта из земли. Хотя Явловский отрезал несколько кусков шкуры и мяса, а дикие животные уничтожили часть трупа, он был в удивительно хорошем состоянии. К концу сентября на участке, где лежало животное, построили дом, чтобы отогреть промерзшую землю и защитить членов экспедиции от холода. Из-за трудностей, связанных с раскопками в мерзлом грунте, понадобился месяц, чтобы извлечь животное из земли. Но уже к концу этого времени шкура, скелет, много шерсти, большое количество мяса и содержимое желудка были упакованы для отправки в Петербург. Шкура и скелет мамонта были собраны и выставлены в Зоологическом музее. В 1922 году Национальный музей Соединенных Штатов приобрел несколько кусков шкуры и мяса этого мамонта у одного из помощников Герца, Е. В. Пфиценмейера, который взял их во время раскопок животного.

Занимаясь раскопками Березовского мамонта, Герц и его помощники сделали несколько интересных открытий. Конечно, даже самый факт находки огромного ископаемого животного «во плоти» — волнующее и важное событие. Но по мере того как в маленькой избушке на берегу реки Березовки продвигались работы, под шкурой мамонта было найдено огромное количество хорошо сохранившегося мяса, покрытого местами толстым слоем белого, без запаха, жира. На боках животного толщина кожи достигала 23 см, а кожа живота весила более 200 кг. Были обнаружены сгустки крови, образовавшиеся от кровоизлияния при ушибе, вызвавшем смерть мамонта. Хвост короткий, 36 см длины, конец его был покрыт длинными волосами цвета ржавчины. Цвет волос на различных частях тела неодинаковый. Этот мамонт отличался от других видов слонов тем, что на каждой его ноге было только по четыре пальца.

Большой интерес представила частично пережеванная пища, обнаруженная между зубами животного, и остатки пищи, извлеченные из его желудка, которые весили много фунтов. 5 октября Герц записал: «Мясо, отрезанное от нижней части плеча, волокнистое и, словно мрамором, покрыто жиром красного цвета. Оно производило впечатление очень свежей, хорошо замороженной говядины или конины. Мясо выглядело настолько аппетитным, что некоторое время мы колебались, не попробовать ли нам его, но никто не рискнул взять его в рот, и предпочтение

было отдано конине. Собаки подчистую съедали все мясо мамонта, которое им бросали».

Неудивительно, конечно, что люди не попробовали мяса. В продолжение всей работы в воздухе стоял густой отвратительный запах гниения, и Герц писал, что первые два дня он был почти невыносимым. Однако к концу работы вонь не казалась такой «почти невыносимой», как вначале; возможно, люди уже привыкли к ней.

Какого вкуса мясо мамонта? Ученые, которые откапывали животное, не нашли мясо достаточно аппетитным из-за его запаха. Жители северной Сибири не ели мяса из суеверного страха. Собаки наслаждались им, но, конечно, не могли ничего рассказать. В 1951 году казалось, что мы получим ответ на этот вопрос от членов Клуба исследователей, которым собирались предоставить редкую привилегию отведать мясо мамонта, доставленное с Аляски для ежегодного обеда. К сожалению, это мясо не имело никакого отношения к мамонту, хотя участники обеда думали, что их угощают обещанной пикантной закуской. Мне кажется, однако, что если бы флаг Клуба исследователей развевался над избушкой у реки Березовки, у нас были бы теперь яркие описания вкуса бифштексов из мамонта и, возможно, супа, приготовленного из его костей.

Несколько раз в течение XIX столетия Российская Академия наук для сокращения промежутка между моментом обнаружения мамонта и временем прибытия экспедиции на место пыталась послать ученого на постоянное жительство в сибирскую Арктику. В его обязанность входило бы немедленно отправиться на место находки. Но этот план не увенчался успехом; жизнь в Сибири была тогда не слишком привлекательной. Поэтому экспедиции за мамонтами продолжали запаздывать.

О мамонте, обнаруженном на Таймырском полуострове летом 1948 года, сообщили только осенью. Находка была извлечена из земли год спустя, но к тому времени от животного остался лишь скелет с небольшим количеством мяса и сухожилий. В 1956 году Зоологический институт Академии наук обратился со специальной просьбой ко всем, кому случится найти мамонтов, немедленно телеграфировать в Комитет по изучению мамонтов.

Примерно в то же время, когда был найден Таймырский мамонт, шахтеры, работавшие на золотых рудниках близ Фэрбенкса на Аляске, нашли в промерзшей породе годовалого детеныша мамонта. Неизвестно, какая часть животного была захоронена в породе, но когда с помощью гидравлических машин высокого давления оно было извлечено, от мамонта ничего не осталось, кроме хобота, кожи «лица» и одной передней конечности. Все это было заспиртовано и отправлено в Американский музей естественной истории.

Что представляют из себя породы, в которых захоронены эти огромные животные, и каким образом последние сохранились в течение такого длительного времени? Несмотря на хорошую сохранность мяса некоторых трупов мамонтов, ни один живой мамонт не ступал по Земле уже много тысяч лет.

Мамонты, носороги и другие крупные родственные им млекопитающие, где бы их ни обнаруживали, находятся в замороженном состоянии просто потому, что они лежали в мерзлой земле. Слой грунта, который постоянно остается промерзшим, обычно называют *вечной мерзлотой*. Он состоит из горной породы и льда, находившихся на такой глубине, где в течение более двух лет температура была ниже 0° . С другой стороны, возраст почти всей вечной мерзлоты, включая, конечно, и ту, в которой сохранились мамонты, исчисляется тысячами лет.

Хотя есть и сухие вечномерзлые горные породы, большая их часть содержит разное количество льда в форме зерен, масс неправильной формы и слоев в несколько футов толщиной. Именно этот почвенный лед, цементируя рыхлую породу, делает ее твердой.

Мы не располагаем достаточно определенными сведениями ни о мощности вечной мерзлоты, ни о площади, которую она занимает, поэтому трудно судить и о количестве льда, заключенного в ней. Однако, по приблизительным данным, это количество огромно: вечная мерзлота занимает не менее обширное пространство, чем ледники, т. е. 10% площади всей суши.

Так как вечная мерзлота обусловлена главным образом наличием низкой температуры, а существование ледников, кроме температуры, равным образом зависит от других факторов, большой связи между распределением ледников и вечной мерзлоты не наблюдается. В северном полушарии мерзлота характеризуется сплошным распространением к северу от полярного круга. Вокруг Северного Ледовитого океана она залегает широкой полосой, которая вклинивается далеко на юг в восточную Канаду, центральную Сибирь, на территорию Монголии и Маньчжурии. Более узкие рукава заходят на юг, до Скалистых и Уральских гор. Самая узкая зона вечной мерзлоты находится на крайнем севере Европы, где влияние Атлантического течения отодвигает ее границы на север, точно так же, как это происходит с паком в Северном Ледовитом океане.

Вечная мерзлота занимает почти половину территории Канады. В СССР пространство, охваченное ею, в два раза больше площади Соединенных Штатов. Вечномерзлый слой есть также на вершинах высоких горных хребтов в Альпах, Гималаях, Скалистых горах, Андах и других. Он может встретиться изолированными участками и в более низких горах, далеко за пределами главной зоны распространения вечной мерзлоты.

В Антарктиде вечная мерзлота имеется на всем свободном

ото льда побережье и, возможно, также (повсеместно или спорадически) под ледниковым покровом. Острова между Южной Америкой и Антарктидой тоже находятся в зоне вечномерзлых пород. В каком-то отношении линия вечной мерзлоты подобна снеговой линии, так как она окружает Арктику и Антарктиду — вершину и подошву мира — и разбросана в виде множества изолированных «островов» в горах всех континентов, кроме Австралии.

Вдоль своей южной границы в северном полушарии вечная мерзлота залегает лишь «островами», и мощность ее исчисляется сантиметрами. В общем мощность ее увеличивается к северу, а за определенной линией она распространена сплошь.

Поверх вечной мерзлоты лежит так называемый *деятельный слой*, который ежегодно зимой замерзает, а летом оттаивает, в разных местах на различную глубину — от нескольких футов до нескольких дюймов, например в некоторых районах северной Аляски и Сибири.

В самой северной точке Аляски — мысе Барроу и в нескольких пунктах северной Канады вечная мерзлота распространяется вглубь на 310 м, а на Таймырском полуострове, между Леной и Енисеем, есть места, где ее мощность в два раза больше. Некоторые угольные шахты на Шпицбергене заложены в вечной мерзлоте мощностью 300 м, под которой лежит непромерзшая порода.

Толщину слоя вечной мерзлоты измеряют в колодцах и шахтах. Там, где колодцы не доходят до поверхности вечной мерзлоты, ее толщину можно вычислить по градиенту температуры. Сейсмические методы для определения толщины вечномерзлого слоя оказались непригодными, так как разница между скоростями упругих волн в промерзшей и непромерзшей горной породе очень невелика.

При некоторых условиях толщину вечной мерзлоты удастся определить с помощью электрических методов, подобных тем, какие применяются в детекторах для отыскания ледниковых трещин. Только в этом случае электроды помещаются не в машине, а на земле, на некотором расстоянии друг от друга. Зная глубину, до которой проникнет ток, пропущенный от одного электрода к другому, и учитывая, что непромерзший грунт оказывает большее сопротивление течению тока, чем промерзший, можно высчитать расстояние от поверхности слоя вечной мерзлоты до его основания. Но на больших пространствах Крайнего Севера глубокие колодцы и шахты встречаются редко, и почти никаких изысканий методом электрометрии здесь не производилось. Поэтому здесь о глубине залегания слоя вечной мерзлоты и о его толщине можно только делать предположения.

Получив уже некоторое представление о распространении вечной мерзлоты, попытаемся определить, сколько может быть

в ней льда. Известно, что поры между частицами, трещины или большие полости делают горную породу вне зоны вечной мерзлоты водопроницаемой. Количество пор в породах разное, но считают, что обычная порода, например песчаник, характеризуется средней пористостью, если 5—15% ее объема состоит из пустот. Почвы и рыхлые породы — супесь, песок, гравий — содержат до 50% пор. С другой стороны, изверженные породы водонепроницаемы, так как почти не имеют пор. Но во всех плотных породах есть трещины, которые могут заключать в себе немало воды.

Горные породы области вечной мерзлоты по своим свойствам не отличаются от пород в других зонах; они обладают определенной степенью пористости и проницаемости. Однако в вечной мерзлоте нет циркуляции подземной воды.* Вся она существует в виде льда, причем в песках, супесях и других рыхлых породах объем льда может превышать первоначальный общий объем пор, так как вода, превращаясь в лед, увеличивается в объеме приблизительно на $\frac{1}{10}$. При этом она оказывает давление до 140 кг или более на квадратный сантиметр вмещающей породы, раздвигая ее в стороны, чтобы освободить пространство для себя. В зонах, где мощность вечномерзлой толщи исчисляется многими десятками метров, грунтовой воды нет, кроме тех редких случаев, когда колодцы прорезают вечную мерзлоту до непромерзшей водоносной породы. В северной Канаде, Аляске и Сибири есть много районов, где зимой, когда деятельный слой замерзает, воду можно получить, только растопив лед и снег.

Внутри породы подземный лед занимает либо все поры, либо только часть из них. Он имеет вид тонких жилок, представляющих собой заполненные льдом трещинки. Объем подземного льда редко превышает одну пятую общего объема породы, обычно его гораздо меньше. Находясь в промежутках между частицами породы, лед прочно скрепляет их вместе. Он нередко встречается также в виде массивных вертикальных клиньев и горизонтальных слоев, достигающих полутора или больше метров толщины.

На Аляске есть районы, где благодаря присутствию ледяных слоев, клиньев и линз пески и другие мелкозернистые наносы могут содержать 50—60 или даже 80% льда. На крайнем севере Сибири, восточнее Таймырского полуострова, на территории, превышающей по размерам штат Техас**, вечномерз-

* Это не совсем точно. В толще вечной мерзлоты может быть и жидкая вода, (так называемые межмерзлотные воды), которая перемещается здесь вниз, в сторону или вверх (из-под мерзлотного слоя); движение предохраняет ее от замерзания.

** Площадь Техаса 692 000 кв. км.

лые породы содержат такой же исключительно высокий процент льда.

Ледяные клинья, расширяющиеся кверху, простираются вниз от основания деятельного слоя. Клин, ширина которого наверху равна 60—90 см, может уходить на глубину 3 м. На Аляске находили клинья шириной более 3 м, высотой 9 м. Часто они являются не единственными массами льда в породе и пересекают другие подобные массы, создавая разветвленную сеть подземных ледяных стенок, словно перегородками разделяющих грунт на ячейкообразные колонки. В районах Фэрбенкса и Нома, где рабочие золотых приисков смыли верхние слои почвы и песка, были открыты ледяные структуры, имеющие вид гигантских сотов не совсем правильной формы. Несомненно, что на Аляске и в северной Канаде ледяные структуры такого типа можно обнаружить на пространстве в тысячи квадратных километров. Там, где такая ледяная система не вскрыта, ее присутствие и даже рисунок можно распознать по тому влиянию, какое она оказывает на рельеф. По мере того как ледяные клинья и жилки разрастаются, покрывающая их порода приобретает вид лабиринта пересекающихся низких гребней. Если бы лед растаял, вместо гребней появилась бы система мелких канав, имеющих такой же рисунок. Подобный рельеф обычен для огромных пространств арктической тундры и представляет наиболее выделяющуюся черту здешнего ландшафта. Кажется, что земля здесь попала в гигантскую сеть пересекающихся трещин.

Впечатление это, по-видимому, соответствует действительности. Во всяком случае, ученые, занимающиеся вопросами вечной мерзлоты, придерживаются такого мнения. Под действием продолжительного и сильного зимнего холода происходит сжатие грунта, вызывающее появление трещин. Как только деятельный слой начинает оттаивать, вода входит в трещины и, замерзая, расширяет их. В следующую зиму может произойти новое сжатие грунта, которое, в свою очередь, будет способствовать дальнейшему расширению трещин. В результате образуются бесчисленные клиновидные жилки льда, окружающие колонки промерзшей земли. Эти колонки, имеющие форму неправильных многоугольников, достигают 9 м в поперечнике.

Поверхность земли над существующими или бывшими ледяными клиньями имеет характерный рисунок. Это так называемые *полигональные* грунты.

Единого мнения относительно причин, которые могли бы удовлетворительно объяснить присутствие льда под землей, еще нет. Несомненно лишь, что часть подземных льдов образовалась сначала на поверхности, а затем оказалась захороненной. Там, где в мелководных плесах арктическая река промерзает до дна, поступающая с верховий вода тоже замерзает. В результате

наслоения нового льда поверх старого формируются толстые его массы, выходящие за пределы русла реки и покрывающие всю пойму, простираясь иногда на 1—3 км в ширину и на несколько километров в длину. Во время весенних паводков слой льда, находящийся на пойме, может покрыться илом и песком и таким образом сохраниться. Такое явление наблюдается и сейчас, а в прошлом оно, должно быть, происходило часто.

Есть также доказательства того, что некоторые подземные ледяные слои никогда не были на дневной поверхности; вероятно, они возникали и увеличивались под землей. После того как у поверхности образуется тонкий слой вечной мерзлоты, дальнейший его рост может происходить только у его основания, так как вода не просачивается через водонепроницаемую промерзшую землю сверху. Вода, которая уже находится в земле, поднимаясь к поверхности, замерзает, наткнувшись на основание вечной мерзлоты. Вода может также проникнуть под слой вечной мерзлоты из подземных источников и других мест, где вечной мерзлоты нет. За счет непрерывного подтока воды происходит рост кристаллов льда в порах горной породы, а по мере увеличения толщины льда колоссальная сила, которой обладает множество растущих кристаллов, будет приподнимать выше лежащий пласт земли.

У нас нет даже приблизительных данных об общем количестве подземного льда на Земле. Но если бы его можно было извлечь на поверхность и покрыть им всю территорию, под которой он сейчас лежит, несомненно, что одна пятая поверхности суши оказалась бы под этим льдом.

Почему же вечная мерзлота образовалась только в определенных областях? Мы знаем, что это явление связано с температурными условиями и что оно характерно для тех зон, где земля никогда не оттаивает. Внешняя граница вечной мерзлоты проходит приблизительно по местам, имеющим среднюю годовую температуру воздуха -4° . Это особенно справедливо для Канады. Кое-где зона вечной мерзлоты лежит южнее, иногда до изотермы -1° . В Сибири граница вечной мерзлоты простирается значительно южнее средней годовой изотермы -4° . В чем же здесь дело? Распространение вечной мерзлоты зависит не только от температуры воздуха, но и от ряда других факторов. При низких температурах почва промерзает зимой глубже, чем может оттаять летом. Поэтому там, где поверхность земли изолирована толстым слоем мха, торфа или другим растительным покровом или глубоким слоем снега, низкие температуры нелегко проникают в грунт. В таких местах слой вечной мерзлоты тонкий или вовсе отсутствует. Наоборот, если защитный покров находится на уже промерзшей земле, он предохраняет ее от сезонного таяния, подобно тому, как это делает морена, одевающая массы неподвижного ледникового льда. В областях

с очень холодным климатом, где снега мало или он покрывает землю уже после ее глубокого промерзания, вечная мерзлота достигает большой мощности. Там, где снег ложится на землю толстой пеленой в течение всей зимы, вечная мерзлота залегает неглубоко или ее совсем не бывает. На западном побережье Гудзонова залива и залива Джемса, например, с октября по декабрь выпадает около 100 см снега и граница вечной мерзлоты отодвигается на 320 км южнее, чем на восточном побережье, где за этот же период выпадает в среднем около 150 см снега.

Вода тоже действует как изолятор. Даже на Крайнем Севере земля под большими реками, озерами и морями не промерзает. Под ледниками, защищающими свое ложе от зимнего холода, вечной мерзлоты нет или она маломощная.

Хотя зона вечной мерзлоты достигает наибольшего развития в тундре, в некоторых районах она спускается далеко к югу в лесную зону. Деревья и другие растения с длинными главными корнями либо вообще не растут на вечной мерзлоте, либо вырастают низкорослыми и чахлыми. Но там, где мерзлота залегает не ближе 1—1,5 м к поверхности, встречаются заросли высоких деревьев — тополя, ели, лиственницы и березы. В местах, где толщина деятельного слоя превышает 45 см, растут кустарники и низкорослые деревья. Вечная мерзлота не дает воде уйти вниз, и она остается в почве. В очень сухое лето верхний горизонт мерзлоты тает и почва получает больше воды. Благодаря этому растения могут жить в районах, которые иначе были бы для них слишком сухими. Насыщение земли влагой, обусловленное плохим стоком воды, создает благоприятную среду для комаров, поэтому на Крайнем Севере они встречаются в огромных количествах.

В умеренном климате почва весной оттаивает и на короткий период напитывается влагой, пока вода не просочится вниз до зеркала грунтовых вод и таким образом не осушит почву. В районах вечной мерзлоты этого не бывает. Когда деятельный слой оттаивает, он превращается в грязь и остается в таком состоянии до тех пор, пока осенью снова не замерзнет. Тонкозернистые рыхлые перенасыщенные водой породы, лежащие на слое вечной мерзлоты, становятся пластичными и могут течь, как вязкие жидкости, даже на очень покатых склонах. При отсутствии или большой изреженности растительного покрова *солифлюкция* (течение почвы) происходит более быстро в виде оползней или потоков. Явление солифлюкции характерно для всей Арктики и для тех районов Субарктики, где есть вечная мерзлота.

Солифлюкция — главное препятствие для заселения Арктики, так как затрудняет проведение шоссейных и железных дорог и строительство зданий. Дом, построенный на склоне, может

сползти вместе с деятельным слоем или покоситься, выдавив из-под себя пластическую массу грунта.

Если бы не эти свойства деятельного слоя, безлесная тундра была бы более доступна для путешествий. Моторизованный транспорт можно использовать только там, где слой оттаявшего грунта над подстилающей его промерзшей землей тонкий, иначе машины безнадежно завязнут в грязи. Но таких мест мало. Таким образом, на обширных просторах Крайнего Севера тяжелый транспорт можно использовать только зимой, когда деятельный слой замерзает.

Вечномерзлая порода, как и всякая другая, может служить для постройки на ней зданий, плотин, опор и других сооружений, но лишь в том случае, если она остается в промерзшем состоянии. Под действием тепла, проникающего через пол отапливаемого помещения, мерзлота может оттаять, и тогда здание покосится и осядет. На Аляске, особенно на полуострове Сьюорд, есть места, где многие дома покосились. Еще не входя в такой дом, по направлению его наклона легко можно определить, где расположена кухня, ибо наиболее глубокая осадка всегда происходит под самой теплой частью дома.

Большие постройки, возведенные на вечной мерзлоте, при прочих равных условиях страдают сильнее, чем какие-нибудь небольшие хижины. Здания, в которых печь находится в центре, будут оседать с обоих концов. Если не принять мер предосторожности, беды не избежать. Ее можно предотвратить, изолировав вечную мерзлоту от тепла, например подняв пол здания над землей на сваях. Сваи забивают в мерзлый грунт при помощи пара. Когда оттаявшая земля снова замерзает вокруг свай, они уже прочно стоят как зимой, так и летом.

Тонкий слой вечной мерзлоты на участке, где предполагается строительство, можно отогреть искусственно еще до начала строительства, но во избежание будущих неприятностей его необходимо все время держать в талом состоянии. Иногда, напротив, землю под некоторыми постройками искусственно сохраняют мерзлой при помощи специальной системы охлаждения, которая обходится довольно дорого, но все же значительно дешевле, чем стоил бы ремонт. Как бы там ни было, постройка зданий в зоне вечной мерзлоты — дело гораздо более сложное, чем вне этой зоны.

В районах вечной мерзлоты перед строителями шоссейных и железных дорог также возникает масса трудностей. Если на строительном участке много подземного льда, то удаление изоляционного растительного покрова вызывает оттаивание мерзлоты и, следовательно, оползание и оседание грунта. Строителям дорог в этих местах приходится по многу раз производить нивелирование местности. Иногда они вынуждены покидать выбранные участки. Когда возникает необходимость создания

мощных насыпей, вечная мерзлота может дать положительный эффект, так как поднимается в насыпь и стабилизирует ее.

Если удастся предотвратить оттаивание вечной мерзлоты, на ней строят и успешно эксплуатируют шоссейные дороги для тяжелого транспорта и посадочные площадки для самолетов. Город Фэрбенкс на Аляске и несколько прилегающих к нему аэродромов сооружены на вечной мерзлоте мощностью 60—90 м. Большая воздушная база в Туле (Гренландия) расположена в области постоянно промерзшего грунта. Много советских городов, как, например, Норильск, Тикси, Верхоянск и Среднеколымск, находятся в районе, где мощность вечной мерзлоты превышает 300 м.

Эксплуатация железных дорог в областях вечной мерзлоты выдвигает еще больше проблем, чем эксплуатация шоссейных дорог. Оползания и обрушения грунта на шоссе можно заровнять грейдером и довести дороги до нужного профиля, но выравнивание железнодорожного полотна требует большой осторожности. На Аляске некоторые участки железной дороги в летние месяцы ремонтируются постоянно.

Те, кто работает на золотых приисках, относятся к вечной мерзлоте с двойственным чувством. При ее наличии золотоносный песок и гравий твердые, как скальная порода, и, пока земля не оттаяет, металл трудно вымыть гидравлическим способом или добыть экскаваторами. Оттаивание золотоносного песка — очень длительная и дорогостоящая операция. На Аляске для этого применяется несколько способов. Один состоит в том, что с промерзшей земли просто удаляют мох или дерн, предоставляя земле возможность оттаивать затем естественным путем. Это медленный процесс, и там, где сток воды плохой, талая вода уходит в землю в течение летних месяцев на глубину не более 60—120 см. Более эффективным является введение в мерзлую землю пара или воды по целой системе труб, проложенных на земле и под нею. При таком способе талая вода не задерживается на поверхности.

С другой стороны, при подземных разработках в постоянно промерзшей породе отпадает необходимость в креплении шахт. Лед настолько крепко цементирует частички породы, что опасность обвала ее кусков со стен или потолков рудника почти исключена.

Даже сельское хозяйство подвержено разрушительному действию вечной мерзлоты. При оттаивании льда под вновь расчищенными под поля участками образуются термокарстовые воронки, вспучивания и другие неровности почвы. Земли, первоначально предназначенные для пахоты, превращают иногда в пастбища или совсем покидают. Разумеется, впадины можно засыпать землей, а затем постоянно выравнивать грейдерами, однако для фермеров, особенно в северных краях, такой расход

непосилен. Кроме того, в процессе всех этих работ часто разрушается верхний слой почвы.

Геологи внесли очень разумную рекомендацию: прежде чем осваивать земли в зонах вечной мерзлоты, устанавливать их пригодность для сельского хозяйства. Правительство на основе исследований вечной мерзлоты должно разбить все земли по бонитетам, определив, какие угодья пригодны для полеводства, какие для пастбищ, а какие вообще непригодны для сельского хозяйства. Именно из-за того, что в прошлом правительство не сделало этого в отношении других районов, миллионы акров земли в США используются непродуктивно, и люди все еще пытаются сводить концы с концами, обрабатывая слишком крутые, почти лишенные почвы южные склоны Аппалачских гор, подверженные частым засухам поля Великих равнин Дальнего Запада, которых никогда не должен был касаться плуг, или болотистые местности, даже после осушения оставшиеся непригодными для сельского хозяйства. Постигнет ли Север судьба, столь характерная для других территорий в прошлом и настоящем, когда земли возделывались наудачу?

Если задачи, касающиеся развития сельского хозяйства в зонах вечной мерзлоты, строительства и эксплуатации там дорог, аэродромов, зданий, мостов и других объектов, можно успешно разрешить, существуют вопросы, на которые, по-видимому, еще нельзя получить удовлетворительного ответа. К ним прежде всего относится проблема водоснабжения городов, поселков, больших лагерей и других центров цивилизации на Крайнем Севере и, во-вторых, проблема канализации, с которой дело обстоит еще хуже. В местах мощного развития мерзлоты получить большое количество воды из земли нельзя, ее приходится доставать из глубоких озер и больших рек — единственных источников пресной воды, которые зимой не промерзают на большую глубину.

Город Якутск в Восточной Сибири, где средняя январская температура —43°, а снежный покров редко превышает 10 см, — одно из тех немногих мест, где колодцы прошли сквозь толстый слой вечной мерзлоты. Воду в них приходится качать постоянно, летом и зимой, чтобы она не замерзала, поднимаясь вверх. В некоторых районах Советского Союза для этой цели используются подогреватели.

Несколько попыток пробурить колодцы через толщу вечной мерзлоты окончились неудачей. В Резольют-Бей на острове Корнуолл (Канадский архипелаг) летом 1950 и 1953 годов пробовали заложить скважины глубиной до 300 м, чтобы определить температурный градиент вечной мерзлоты. Но глубже 180 м продолжать работу было невозможно, так как даже кипящая вода, при помощи которой велось бурение, замерзала в скважине.

Что касается канализации, то использовать зимой озера и реки для спуска в них сточных вод нельзя: зимой реки текут медленно и процессы аэрации и окисления сточных вод в холодном климате тоже очень замедлены. Отвести же эти воды под землю мешает вечная мерзлота. Придется смириться с тем, что операция по удалению сточных вод обойдется дорого. Воду, вероятно, надо будет испарять, а твердый остаток сжигать или перерабатывать химическим путем. Может быть, озера и реки Крайнего Севера, не в пример тем, которые находятся на обжитых территориях, останутся не загрязненными даже при интенсивном освоении, хотя боюсь, что это произойдет по причинам отнюдь не эстетического характера.

Как ни велики неприятности, причиняемые вечной мерзлотой, она приносит не только вред. Ее толща — идеальное место для хранения больших количеств скоропортящихся продуктов. В северной Канаде на глубине 6 м и более в промерзшей земле вырыты обширные подземные помещения, служащие в качестве холодильников. Эскимосы еще с доисторических времен роют для этой цели погреба, хотя обычно мы не думаем о них как о людях, нуждающихся в холодильниках. Они разводят костры или кладут нагретые камни на вечную мерзлоту, а затем убирают воду и оттаявшую землю; повторяя эту операцию несколько раз, получают погреб желаемой величины и формы.

Когда на Крайнем Севере строят намывную плотину, вечная мерзлота медленно проникает в нее снизу и превращает в твердую скалу. Трещины в плотине быстро залечивают замораживанием в них воды. Чтобы плотина постоянно оставалась в твердомерзлом состоянии, зимой, отверстия в ней держат открытыми для циркуляции холодного воздуха.

Свойства стабильности и непроницаемости, которыми обладает мерзлый грунт, используют далеко за пределами зоны вечной мерзлоты. При сооружении плотины на Гранд-Кули большой оползень, состоявший из пропитанных водой ила и песка и медленно надвигавшийся на восточную береговую опору, был остановлен путем замораживания его фронтальной части. Этого добились, пропустив охлажденный соляной раствор через трубы, проложенные через оползень, который держали в замороженном состоянии все время, пока шли земляные работы и установка бетонной опоры.

В будущем способ останавливать оползни замораживанием может получить широкое применение там, где шоссейным и железным дорогам угрожает опасность движения грунта. На больших строительствах иногда бывает даже желательно искусственно держать землю в мерзлом состоянии. Этот метод скоро придется применить на ряде участков побережья Калифорнии, где архитекторы, игнорируя законы природы, проектируют

постройку домов не только на путях движущихся масс земли, но и на них самих.*

Каков возраст вечной мерзлоты? Сколько времени лед находится в земле и как он туда попал? Так как вечная мерзлота встречается в областях с низкой средней температурой, ее присутствие, несомненно, имеет отношение к современным климатическим условиям. Вечная мерзлота возникает в больших количествах и в настоящее время. Это хорошо видно на примере тех районов Севера, где она проникла в дорожные насыпи, в отвалы пустой породы на рудниках и т. д.

Однако бóльшая часть вечной мерзлоты образовалась очень давно. Доказательством этого являются сохранившиеся в ней трупы мамонтов и других животных, вымерших много тысячелетий тому назад. Возможно, что вечная мерзлота, в которой найдены эти животные, возникла в климатических условиях, подобных тем, какие существуют в районах вечной морзлоты сегодня. Расчеты, основанные на анализе градиентов температуры в рудниках и колодцах, на теплопроводности различных типов грунта и на других данных, показывают, что вечная мерзлота мощностью в 300 м могла бы образоваться в современном климате северной Сибири, хотя на это и потребовалось бы несколько тысяч лет.

Однако в самых южных районах распространения вечной мерзлоты температура постоянно мерзлой толщи и подземный лед неоспоримо свидетельствуют о том, что вечная мерзлота образовалась здесь в условиях более холодного климата, чем современный. Здесь между нижней поверхностью деятельного слоя и поверхностью подстилающей его вечной мерзлоты существует постоянно талая зона. Очевидно, если бы вечная мерзлота была позднего происхождения, она находилась бы в непосредственном контакте с деятельным слоем, так как только в этом случае в нее мог бы проникнуть зимний холод — творец вечной мерзлоты. Если климат не похолодает, реликтовая вечная мерзлота под влиянием тепла, идущего из недр земли, будет медленно деградировать и в конце концов исчезнет.

Теперь посмотрим, каким образом в постоянно мерзлый грунт попали мамонты. Пища, обнаруженная в тракте мамонтов, найденных у Березовки и в других местах, состояла из остатков растений, характерных для современной северной Сибири. Поэтому в век мамонтов климат, вероятно, мало отличался от сегодняшнего; вечная мерзлота в то время тоже существовала. Но как, в таком случае, животные оказались погребенными в замерзшей земле?

Почти все остатки мамонтов найдены в песках и глинах, отло-

* В СССР метод замораживания плавунных грунтов применялся при строительстве туннелей метрополитена.

женных реками или грязевыми потоками, и чаще всего — на бывших речных поймах. Возможно, что старые, больные или раненые животные искали в пойменных трясинах и болотах уединения или убежища от волков и многие здесь издохли или утонули. Во время последующих паводков туши некоторых животных оказались погребенными в иле, отложенном разлившейся рекой; иные, вероятно, были отнесены течением в дельту, где тоже частично или полностью были захоронены в аллювиальных отложениях. Наконец, мамонты могли увязнуть и в топкой грязи, стекавшей с близлежащих склонов.

Необязательно, чтобы трупы были полностью погребены сразу же или даже вскоре после гибели животных. Отдельные части Березовского мамонта лежали обнаженными в течение двух лет, прежде чем ученые прибыли за ними. Мамонт Адамса был почти целиком открытым в продолжение четырех лет. В полярном климате процесс гниения происходит гораздо медленнее, чем в умеренном. Деятельность бактерий затрудняется здесь вследствие того, что лето тут короткое и сухое, к тому же в начале и в конце его температура по ночам часто падает ниже нуля. Трупы китов, выброшенные на мели вдоль арктического побережья, могут лежать в течение многих недель, не проявляя явных признаков разложения. Погребенные под тонким покровом намытого водой или нанесенного ветром материала, они могут сохраниться и до зимних морозов, которые «законсервируют» их еще надежнее.

Растительные остатки, обнаруженные в пищеварительном тракте животных, показывают, что большинство из них нашло свою смерть в конце лета. Даже те мамонты, которые не оказались засыпанными сразу после смерти, вероятно, не успели до наступления зимних холодов подвергнуться сколько-нибудь значительному разложению. Следующее весеннее половодье частично или полностью закрыло их новым слоем осадков. Песок, приносимый ветром с быстро сохнущей поймы реки, тоже мог участвовать в захоронении. Затем вечная мерзлота, проникнув снизу во вновь образованные отложения, обеспечила сохранность трупа, по крайней мере той его части, которая попала в сферу ее действия. Толстая, плотная шкура мамонта, несомненно, тоже замедляла процесс гниения.

Целых трупов мамонтов сохранилось очень мало. Большинство, еще до того как они оказались погребенными и замороженными, либо подвергалось частичному разложению, либо было уничтожено хищниками. Это одна из причин, объясняющих, почему найденные трупы мамонтов так дурно пахнут, независимо от степени их сохранности. Судя по остаткам пищи, извлеченным из желудков некоторых мамонтов, особенно Березовского, многие из этих древних животных погибли неожиданно — или утонув, или застигнутые оползнем, или даже в схватке с какими-нибудь врагами.

Неизбежно вытекает вывод, что мамонты жили в среде, немалого отличавшейся от современной. Очевидно также, что им не обязательно было замерзать сразу же после смерти, чтобы сохраниться в тех условиях, в каких они найдены сегодня. И нет нужды придумывать для объяснения причин сохранности трупов животных такие небылицы, как быстрое похолодание климата.

Не исключено, что первобытные люди, первыми пришедшие в районы Арктики, видели на берегах рек и вдоль морского побережья обнажения ископаемого льда. И те, кто нашел первых замороженных мамонтов, тоже, должно быть, заметили этот лед. Но только в начале XIX века ученые приступили к тщательному его изучению. Первым таким ученым был М. А. Адамс (1806 год). Первая запись об открытии ископаемого льда в Северной Америке, по-видимому, принадлежит лейтенанту Отто фон Коцебу. Оно было сделано в 1816 году на побережье, где находится залив, названный впоследствии заливом Коцебу. С тех пор этот район стал известен своим ископаемым льдом и скоплением костей мамонтов и других вымерших животных.

Первая научная экспедиция в Сибирь для изучения вечной мерзлоты была организована в 1844—1846 годах под руководством А. Ф. Миддендорфа. Однако в то время это явление интересовало не многих. Только когда возникли практические задачи, связанные с вечной мерзлотой, она заставила обратить на себя внимание. Началось это со строительства Транссибирской железной дороги, вызвавшей после 1873 года приток поселенцев в Сибирь. Русские ученые, не теряя времени, приступили к исследованиям вечной мерзлоты, которыми теперь в основном руководит Институт мерзлотоведения.

Соединенные Штаты и Канада — единственные две страны, кроме России, владеющие обширными пространствами вечной мерзлоты, — раскачивались медленнее. Золотая лихорадка на Аляске и на Юконе в конце XIX века поставила золотоискателей перед проблемой, с которой им не удавалось успешно справиться. Вечная мерзлота мешала как ручной, так и гидравлической промывке золотоносных пород. В отчаянии некоторые старатели работали на своих делянках, подобно эскимосам, которые копают погреба, — накладывая нагретые камни на землю, чтобы растопить лед. С тех пор и до 1941 года ряд геологов из Геологической службы усиленно занимались исследованиями вечной мерзлоты. Однако, до тех пор пока вторая мировая война окончательно не убедила власти в стратегическом значении Аляски и северной Канады, мало что предпринималось для организации систематического изучения вечной мерзлоты. Строительство автострады через Аляску сыграло для изучения вечной мерзлоты в Северной Америке ту же роль, какую сыграла Транссибирская железная дорога для ее изучения в России за 50 лет до этого. Эта настоя-

тельно необходимая работа стала проводиться в США с большим запозданием.

Теперь, однако, изучение вечной мерзлоты идет быстрыми темпами. Занимаются этим несколько организаций, главным образом военная Исследовательско-инженерная лаборатория полярных районов, Геологическая служба США и Отдел строительства Канадского Национального исследовательского совета. В североамериканской Арктике пока еще много неосвоенных территорий, но такими они недолго будут оставаться. Уже появились крупные военные базы, а через весь континент проложена линия дальнего радиолокационного обнаружения воздушных целей. С каждым годом фермеры распахивают все больше земель, хотя северная граница земель, пригодных для ведения сельского хозяйства, еще не достигнута. Скоро там будет больше военных баз, рудников, аэродромов для трансполярных перелетов и нефтяных скважин. И в самом деле, ведь под всем Арктическим архипелагом — от островов Баффина и Элсмира на востоке до острова Банка на западе — залегают богатые нефтью осадочные породы. Сегодня миллионы акров земли, некоторые на расстоянии только 1100 км от полюса, отданы в аренду большим нефтяным компаниям. Уже начаты изыскательские работы, в результате которых, возможно, будут открыты последние крупные месторождения нефти на Североамериканском континенте. Каждая скважина должна пройти через вечную мерзлоту, в которой также придется укладывать трубопроводы. Что ожидает трубоукладчиков, можно видеть на примере прокладки трубопровода длиной 1000 км из порта Хейнс на юго-восточной Аляске до Фэрбенкса. На 160-километровом отрезке пути, проходившем по вечной мерзлоте, пришлось использовать специально сконструированную экскаваторную машину. Было невозможно производить операции в обычной последовательности, когда вначале роют траншею, затем укладывают и сваривают трубы, а потом засыпают их землей. К тому времени, когда трубопровод был сварен и уложен, траншея была полностью уничтожена, превратившись в результате оттаивания в топкое болото. Эту трудность преодолели, выкопав траншею после того, как трубопровод был сварен. Но когда его засыпали землей, мерзлота, проникая в насыпь снизу, вытеснила трубопровод из земли. Тогда через каждые 12 м трубопровод утяжелили 130-килограммовыми бетонными блоками и снова уложили. Дальше на север, где вечная мерзлота лежит еще ближе к поверхности, трудностей, вероятно, будет еще больше.

Все эти работы вызовут огромный приток людей. Возникнут новые поселения, которым будет нужна вода, канализация и сеть дорог. Будут использованы источники электроэнергии. В Арктике протекают две самые большие реки Северной Америки — Маккензи и Юкон. Наступит день, когда для производства электроэнергии на этих реках будут возведены плотины. Все эти за-

дачи потребуют большего инженерного искусства, чем обычно, так как их решение осложняется наличием вечной мерзлоты. Вот почему заселение Арктики, которому так долго мешал подземный лед, будет происходить со скоростью, зависящей не только от способности людей сражаться со льдом, но и от изобретательности человека, которая поможет ему ужиться с ним.

ЛЕД И НАШ МЕНЯЮЩИЙСЯ КЛИМАТ

Что-то происходит с царством льда — со снеговой линией, ледниками, морским льдом и вечной мерзлотой. Они теперь не такие, какими были прежде. В течение жизни нашего поколения со всех частей и стран света, где царствуют снег и лед, — с Альп, Гималаев и Скалистых гор, из Гренландии, Исландии и Аляски, с Северной Атлантики и полярных морей — отовсюду стекаются доказательства совершающихся перемен. Связаны они с изменениями климата земного шара.

Наиболее очевидными жертвами этих изменений являются ледники. В продолжение 100 лет они повсеместно, за исключением разве что Антарктиды, сокращаются. Конечно, это сокращение не происходит непрерывно. В разное время ледники обнаруживали противоположную наклонность и увеличивались в размерах, но почти во всех случаях после короткого периода наступания они снова начинали отступать.

Хотя изменение климата, вызвавшее нынешний период сокращения ледников, началось около середины прошлого столетия (в некоторых районах немного раньше, в других немного позже), наиболее резко выраженное укорочение ледников происходило в 20-х и 30-х годах XX века. Именно в это время происходящее отступление ледников стали называть «катастрофическим». Тогда же люди, для которых ледники служили источником воды, стали беспокоиться о своем будущем. И тогда же были разработаны рассчитанные на долгий срок программы исследования горы Рейнир и других гор, чтобы выяснить, что происходит с ледниками.

Изменение в поведении ледников означает, что снеговая линия поднимается на всей Земле. В Скандинавии и в Альпах между 1905 и 1955 годами она поднялась на 90 м. Даже миграция сезонной снеговой линии и меняющаяся продолжительность залегания зимнего снежного покрова в районах, расположенных далеко от ледников, отражает то, что происходит в областях вечного снега и льда.

По-видимому, есть какая-то доля истины в ворчании стариков, когда они заявляют, что снег теперь выпадает не так, как во времена их детства. Почти всюду в восточной части Соединенных Штатов и Канаде — в Вашингтоне, Филадельфии, Бостоне и Монреале — точные измерения, которые производятся здесь в продолжение многих лет, ясно показывают, что количество снега и продолжительность залегания снежного покрова уменьшаются.

Известно, что высота снеговой линии зависит от температуры. Так, поднятие снеговой линии, которое недавно имело место и, возможно, продолжается и теперь, было вызвано заметным повышением температуры воздуха в умеренных и полярных странах. Хотя это потепление сказалось почти на всех частях света вне экваториальной зоны, оно особенно дало о себе знать в районах, граничащих с Северной Атлантикой, и в водах, связывающих ее с Ледовитым океаном.

За последние 100 лет средняя годовая температура в Нью-Хейвене и Филадельфии поднялась более чем на $1,1^{\circ}$, а средняя зимняя температура — более чем на $1,7^{\circ}$. В других местах на восточном побережье Соединенных Штатов тоже наблюдается относительное потепление. В Западной Европе средняя зимняя температура между 1850 и 1900 годами поднялась на $2,7^{\circ}$.

Некоторое повышение температуры можно приписать теплу, которое регистрируется на метеорологических станциях, расположенных вблизи фабрик и домов. Однако этот фактор вряд ли может иметь важное значение для Гренландии, Исландии и Шпицбергена, где потепление климата выражено даже более заметно, чем в каком-нибудь другом месте. И не только это. Соразмерно с повышением температуры воздуха наблюдается повышение температуры поверхности вод в северной части Атлантического океана.

По мнению Тораринссона, климат в Исландии в течение 50-х годов XX века был теплее, чем в любое другое время за предшествующие 750 лет. Теперь и на Шпицбергене средняя температура примерно на 5° выше, чем в начале нынешнего столетия; зимняя температура поднялась еще больше.

Хотя в Антарктиде длительные наблюдения над погодой не велись, измерения температуры в окрестностях станции Литл-Америка показывают, что со времен Скотта, Амундсена и Шеклтона, т. е. за последние 50 лет, температура повысилась там приблизительно на $2,7^{\circ}$. Относится ли это повышение температуры только к району шельфового ледника Росса или оно характерно и для более обширных пространств — неизвестно, но на ледники Антарктиды оно не оказало никакого влияния. Небольшие колебания в высоте снеговой линии не влекут за собой никаких изменений в областях накопления льда, так как весь

ледниковый покров лежит над снеговой линией. Поэтому, несмотря на повышение температуры, ледник остается здесь в состоянии устойчивого равновесия.

Конечно, если вследствие обильных снегопадов или более низких температур сезонные накопления снега увеличатся, снеговая линия опустится и ледники станут больше. Если потепление климата будет продолжаться и дальше, как это происходит сейчас на протяжении жизни уже двух поколений, снеговая линия поднимется.

Чтобы наглядно увидеть картину недавних климатических изменений, лучше всего отправиться на ледники. Начиная с середины XIX века заметно сократилось большинство альпийских ледников. Ронский ледник, один из длиннейших в этой горной системе, стал почти на 5 км короче, чем 100 лет тому назад. После 1920 года исчезло несколько сотен небольших альпийских ледников. То же случится со многими другими, если перемена климата будет продолжаться в том же направлении, что и сейчас.

Как ни странно, хотя записи о неустойчивом поведении альпийских ледников делались еще за несколько сотен лет до середины XIX века, в местных законах не было никаких ссылок на ледники. Даже в Альпах, где из-за высокой плотности населения земля ценилась дорого, никого, казалось, не интересовал вопрос о том, кому будет принадлежать крутой бесплодный каменистый участок земли, когда он обнажался в результате отступления ледника. Но после 1750 года, когда несколько крупных ледников, в частности Мер-де-Гляс и Верхний Гриндельвальдский, отступили, обнажив относительно плоский и потенциально ценный кусок территории, закону пришлось вступить в действие.

По видимому, даже юристы сильно разошлись во мнениях относительно принадлежности этой новой земли. Некоторые считали ее законным владельцем государство, другие — местные власти или приход, третьи утверждали, что эта земля является частной собственностью. Крупные ледники, подобно судоходным рекам и большим озерам, рассматривались некоторыми как собственность государства, в то время как меньшие по размерам ледники, так же как небольшие речки и пруды, считались собственностью лиц, владевших прилегающими землями. Во всяком случае, было время, когда землевладельцы брали плату за разрешение пройти через ледник, расположенный в границах их владений.

В Америке к началу нынешнего периода отступления ледников районы, где они находятся, не были заселены. Позже большинство ледников было включено в общественные земли — национальные парки и заповедники, и поэтому после отступления ледников споров относительно принадлежности обнажив-

шейся земли не происходило. По существу, еще в первые годы нынешнего столетия ученые мало знали о том, что происходит даже с самыми известными ледниками. Только в 1918 году стали вестись ежегодные измерения положения конца ледника Нисквалли на горе Рейнир. Когда в 1907 году была проведена дорога из Лонгмира до Парадайс-парк, она пересекла реку Нисквалли в 250 м ниже конца ледника. За 24 года до этого ледник доходил до места, где потом был построен мост. В 1750 году там, где теперь посетители парка на машинах переезжают мост через реку почти на милю ниже края ледника, находился лед толщиной 30 м или более.

Аляска известна не только примерами нескольких удивительных наступаний ледников. Чтобы увидеть не менее удивительное их отступление, мы должны отправиться туда же. Когда капитан Джон Ванкувер, первый европеец, исследовавший фьорды юго-восточного побережья Аляски, в 1794 году вошел в фьорд, который теперь называется Айси-Стрейт, на северной его стороне он нашел бухту, блокированную в своей вершине ледяной стеной почти 8 км в ширину. Это был край спускавшегося к морю большого ледникового покрова, который простирался отсюда на север на 150 км до гор Св. Ильи, полностью погребая под собой встречавшиеся на пути горы меньших размеров.

В продолжение следующих 100 лет никто, кроме местных жителей, которым было не до ледников, не видел забитую льдом бухту Ванкувер. Затем в 1879 году в бухту вошел Джон Мюир со своими проводниками-индейцами. Но громадная ледяная стена, которая запирала бухту сто лет назад, пропала, и вокруг, насколько хватало глаз, ледника не было. Проводникам пришлось грести еще 30 км, прежде чем в боковом фьорде, известном теперь как залив Мюира, они нашли первый спускавшийся к воде ледник. Но главная стена ледникового льда, которая блокировала вершину бухты, находилась еще дальше — в 40 км за заливом Мюира.

В 1890—1892 годах Гарри Филдинг Рейд, тогда профессор геологии в университете Джона Гопкинса, нанес на карту вновь открытую бухту (которая, после того как Мюир вновь открыл ее, была названа Глейшер-Бей) и окрестные ледники. Этим самым он предоставил в распоряжение современных гляциологов множество отправных точек, при помощи которых можно надежно установить, какие изменения случились с ледниками с того времени. Рейд нашел, что со времени посещения бухты Мюиром произошло огромное отступление ледников. Оно совершалось столь быстро, что некоторые большие потоки льда, каждый размером в несколько квадратных километров, отделились от главного ледника и остались неподвижно лежать в долинах значительно ниже снеговой линии. Один из таких ледников Рейд

назвал Мертвым ледником. Теперь он исчез, но еще в 1946 году часть его была видна.

Итак, теперь мы знаем, что обширное море льда, которое Ванкувер обнаружил немногим более 150 лет тому назад, в большей своей части растаяло. В ходе таяния ледник создал целый новый мир, обнажив огромную разветвляющуюся систему фьордов общей длиной 260 км и в некоторых местах более 450 м глубиной. Покидая фьорды, лед также исчез из их окрестностей на площади в сотни квадратных километров. Горы, высота которых теперь достигает от 600 до 1200 м, во времена Ванкувера были полностью покрыты ледниками. Еще в 1892 году, когда Рейд составлял свою карту, в местах, где сегодня вообще нет льда, лежали ледники толщиной 600 м и более.

Не все ледниковые районы Аляски испытали такое поразительное отступление ледников, как Глейшер-Бей. Но то, что происходит с ледниками здесь, типично для остальных районов Аляски, для гор Юкона и Британской Колумбии, хотя и в меньших масштабах. В самом деле, там найдется мало больших ледников, которые за последние 100 лет не укоротились бы на 1,5—3 км. Даже ледник Таку, длина которого с 1900 года, не в пример другим ледникам Аляски, увеличилась более чем на 4,8 км, сейчас, по-видимому, переживает скорее стадию сокращения, чем расширения. Продвижение его конца, подобно тому, как это происходило с ледником Блэк Рэпидз в 30-х годах XX столетия, было вызвано быстрой утечкой льда из бассейна аккумуляции, в результате чего наблюдается скорее утоньшение ледника, чем утолщение.

В то время как другие ледники отступают, ледники северных склонов Каскадных гор в штате Вашингтон увеличиваются в размерах. Их надвигание, начавшееся около 1948 года, было вызвано усиленным накоплением снега и небольшим понижением температуры. Это повышение ледниковой активности было настолько заметным, что некоторые наблюдатели рассматривали его как предзнаменование нового периода наступания ледников после длительного периода всеобщего их отступления. Однако на самом деле это наступание носит местный характер; по-видимому, достигнув своей кульминационной точки в 1956 году, теперь оно выдыхается.

Влияние нынешнего этапа отступления ледников сказывается далеко за пределами Аляски и других увенчанных ледниками районов. За последние годы наблюдается хотя и небольшое, но поддающееся измерению поднятие уровня океана. Оно объясняется тем, что ледники вливают в моря больше воды, чем ее успевает испариться. Повышение уровня океана не было замечено до 1880 года, а в некоторых местах — до 1900 года, так как оно запаздывало в тех районах, где морские берега далеко

отстоят от районов самого интенсивного сокращения ледников. На подъем уровня частично повлияло термическое расширение воды вследствие потепления климата, но этот фактор не мог быть единственной причиной. Согласно расчетам Альманна, уровень моря за последние десятилетия повышается со скоростью почти 10 см в столетие. По данным других ученых, это повышение происходит еще быстрее — до 60 см в столетие. Так или иначе, оно, несомненно, будет иметь важные, хотя, возможно, и не очень заметные последствия. Кто знает, может быть, уже и теперь оно вызывает небольшие смещения местных течений вдоль некоторых берегов, а это может повлечь за собой наступление воды на сушу в одних местах и усиление отложения аллювия и обмеление судоходных рек — в других. Подъем воды будет оказывать воздействие и на искусственные сооружения, воздвигнутые вдоль морских берегов.

Смогут ли корабли через 50—100 лет отправиться в Центральный арктический бассейн, не испытывая помех со стороны пакового льда? Некоторые ученые верят в это. И они основывают свое мнение на том, что происходит с морским льдом за последнее время. Потепление климата, бывшее главной причиной недавнего всеобщего отступления ледников, оказало и, по видимому, все еще оказывает влияние на полярный пак. Конечно, теперь этот лед не такой, каким он был прежде.

В продолжение длительного дрейфа «Фрама» производились регулярные измерения толщины льда в начале и в конце зимы. Средняя его толщина составляла 360 см. Но когда «Седов» дрейфовал приблизительно по тому же пути в 1937—1940 годах, средняя толщина пака равнялась только 210 см. За 55 лет, прошедших между этими дрейфами, толщина льда уменьшилась на 40%.

По мере того как пак становился тоньше, его кромка отодвигалась все дальше в центральные районы Ледовитого океана. Советские ученые высчитали, что между 1924 и 1944 годами площадь пака только в советском секторе Арктики сократилась на один миллион квадратных километров.

После 1900 года у побережья Исландии было меньше дрейфующего льда, чем в любое другое время за последние 400 лет, а начиная с 1925 года море бывает почти свободно ото льда так долго, как никогда раньше — со времени первого заселения острова 1000 лет тому назад. Продолжительность периода навигации на западном побережье Шпицбергена увеличилась с трех месяцев в 1900 году до семи месяцев в 1950 году. Последние суда покидают теперь угольную гавань Лонгиербюен в ноябре или в начале декабря.

Эти драматические изменения в объеме морского льда натолкнули некоторых ученых на мысль, что через какие-нибудь 100 лет в Северном Ледовитом океане вообще не будет льда.

При этом они, конечно, исходят из предположения, что потепление климата, характерное для последних десятилетий, будет продолжаться. Но в данный момент нельзя с уверенностью сказать, что и дальше дела будут обстоять именно так, хотя утверждать обратное мы тоже не можем.

Так как вечная мерзлота скрыта от наших взоров, трудно определить, насколько значительное влияние оказали на нее недавние климатические изменения. Но советские специалисты, которые держат вечную мерзлоту под пристальным наблюдением, сообщают, что за первую половину нынешнего столетия ее граница в Сибири отодвинулась на 50 км к северу. Возможно, что это отступление частично вызвано деятельностью человека. Благодаря тому что ведется постоянная работа по выведению новых сортов пшеницы и других культурных растений, сельское хозяйство все дальше продвигается на север в зону вечной мерзлоты. Удаление естественной растительности и замена ее культурной лишают вечную мерзлоту изоляционного покрова и приводят к ее деградации.

Не только снег и лед рассказывают нам о недавнем потеплении климата. На всех высоких широтах как в восточном, так и в западном полушарии увеличилась продолжительность вегетационного периода. Не в одном лишь Советском Союзе земледелие продвигается в Арктику. По мере того как поднимается снеговая линия, за ней движется и граница посевов. Рост населения заставляет человека осваивать каждый клочок земли, поддающийся обработке, и он с крайней неохотой выпускает из рук любой участок, в который он вложил свой труд. За первую половину нынешнего столетия, благодаря тому, что морозы наступали на 2—3 недели позже, граница посевов в Скандинавии поднялась на 90 м. На северо-западе Канады, где теплый сезон удлинился на 10 дней и больше, эта граница приблизилась к Арктике на 80—160 км.

Климатические изменения оказали влияние и на деревья: они стали расти быстрее и распространились в ранее безлесных районах. В Скандинавии начиная с 1900 года у деревьев, особенно у сосны, ели и березы, годовичные кольца стали шире. Поднимается граница леса: за последние 100 лет она стала выше на несколько десятков метров. То же произошло и с границей лесной растительности в северном Квебеке. В северной части Скалистых гор многие цирки и висячие долины, 50 лет тому назад голые, теперь утопают в зелени. В этих горах между 1935 и 1950 годами я видел альпийские луга, которые уступают место надвигающейся на них ели; это вторжение началось несколько десятилетий тому назад. Представители животного мира, подобно льду и растениям, также отозвались на изменяющиеся климатические условия. Самый заметный эффект вызвало потепление моря. Все рыбное население Северной Атлан-

тики переместилось далеко на север. За последние годы многие виды рыб, в том числе сельдь, пикша и треска, впервые появились в огромных количествах у побережья Гренландии. До 1920 года треска была почти неизвестна в Гренландии; теперь там есть завод по переработке трески — один из крупнейших в мире.

Другой возможный результат потепления северных вод: начиная с 1945 года акулы никогда так рано не появлялись летом у мыса Код и острова Мартас-Вайньярд. На Атлантическом и Тихоокеанском побережьях Северной Америки рыба-меч, тунец и омары распространились далее на север.

Птицы тоже проявили замечательную чувствительность к небольшим климатическим изменениям, передвигаясь, начиная приблизительно с 1920 года, на север, в районы, где их раньше никогда не видели. Из Северной Америки и Европы в Гренландию и Исландию прилетели птицы новых для этих мест видов, и многие из них обосновались на жительство на новых местах. Не менее четверти всех североевропейских видов птиц в какой-то степени расширили свой ареал к северу.

Американские орнитологи тоже заметили много интересного. Граница распространения птицы кардинал проходила через Нью-Йорк в Онтарио, а теперь она вторгается даже в северные районы штата Мэн. То же характерно для крапивника каролинского, пересмешника многоголосого и американской хохлатой синицы. За последние несколько лет удивительно много видов зимующих птиц было замечено гораздо севернее их обычных границ. Во время рождественской птичьей переписи в Новой Англии и в центральных штатах Атлантического побережья наблюдались: дрозд оливковый, трупиял балтиморский, американская славка земляная и каменка желтогрудая. И это только небольшая часть пришельцев. В самый разгар зимы в Нью-Йорке и Висконсине видели толстонога розовогрудого, в Чинкотиге (штат Виргиния) — каравайку и славку пальмовую — в Новой Шотландии. С каждым годом этот список чужаков увеличивается.

Возможно, что приток птиц на север отчасти объясняется огромным количеством птиц зимующих, которые ищут пропитания. Говоря о распространении птиц на север, нужно учитывать и то, что наблюдатели, число которых теперь заметно увеличилось, видят птиц впервые или в больших количествах, чем раньше, в районах, где птицы были и до этого, но где их не замечали. Многие любители птиц включаются в рождественскую перепись с такой охотой, какую редко можно заметить у людей, увлекающихся другими занятиями. Между отдельными группами наблюдателей существует соперничество, и иногда случается, что некоторые наблюдатели видят каких-нибудь птиц там, где их нет. Но среди любителей есть сведущие

и внимательные люди, в том числе опытные орнитологи, которые находили и находят птиц там, где несколько лет тому назад их совсем не было.

Искусственное подкармливание может задержать некоторых южных птиц на севере; но вряд ли можно найти аналогичное объяснение для того, что случилось с треской. Все имеющиеся данные говорят в пользу того, что потепление климата оказывает на птиц сильное воздействие.

Несмотря на повышение температуры и его влияние на ледники и снеговую линию, жителям северных штатов еще рано сажать пальмы у себя во дворе. Даже если они и предвкушали, что такая возможность откроется им в будущем, сильные морозы нескольких последних суровых зим, вероятно, рассеяли всякие надежды такого рода. Известно, что даже в максимум фазы потепления климата некоторые годы могут быть очень холодными. К тому же начиная с конца сороковых годов повышение температуры и отступление ледников несколько приостановилось. Как я уже говорил, некоторые считают это сигналом начала обратных климатических изменений, в результате чего ледники снова начнут наступать и отвоюют — частично или полностью — землю, которую они потеряли в период своего большого отступления.

Если это случится, треска покинет прибрежные воды Гренландии и Шпицбергена и уйдет из Баренцева моря столь же быстро и таинственно, как и пришла туда, а самая жизненно важная отрасль промышленности Гренландии станет уделом прошлого.

Нельзя с уверенностью предсказать, каким будет климат ближайшего будущего, но записанная его история, так же как геологические свидетельства, не оставляет сомнений, что последнее потепление — это лишь одно из бесчисленных небольших климатических колебаний, являющихся частью гораздо большего цикла, одно из многих колебаний, какие Земля уже испытала и будет испытывать еще множество раз. Будем, однако, оптимистами — ведь, как сказал шведский гляциолог Ганс Альманн, «это недавнее климатическое колебание является первым в бесконечном ряду климатических изменений в истории Земли, которое мы можем изучать, измерять и, может быть, также объяснить».

Человек оставил записи о некоторых климатических колебаниях, происходивших раньше, чем 100 лет тому назад. И мы, возможно, найдем в этих записях ключ к разгадке того, что нас может ожидать в будущем. Человек жил рядом с альпийскими ледниками на протяжении тысячелетий, но все это время он был слишком занят добыванием средств к существованию, чтобы проявить больше интереса к этим потокам льда. Поэтому ледники, особенно высокогорные, оставались по существу неис-

следованными до сравнительно недавнего времени. Несколько сот лет в эпоху средних веков, а может быть, и задолго до них, население Альп более или менее мирно уживалось со своим окружением. Большинство ледников лежало тогда скрытыми в цирках и высоких висячих долинах. Даже самые крупные ледники, вроде Мер-де-Гляс, спускавшиеся в главные долины, были почти неподвижны, погребенные под плащом морены.

Затем, в конце XVI и начале XVII веков климат похолодал, и ледники вдруг ожили и стали наступать. В прежде пустых цирках возникали новые глетчеры. Большие ледяные потоки начали продвигаться поверх собственных морен.

В продолжение нескольких столетий до этого бездеятельность ледников соблазняла людей строить свои фермы и деревни все ближе и ближе к ним. Теперь же им только и оставалось, что беспомощно наблюдать, как наступающий лед разрушал их дома и хоронил под собой обработанные земли.

Ледники в горном массиве Монблана действовали особенно активно. Документы, найденные в архивах Шамони, рассказывают, что за этот период было уничтожено несколько деревень. После этой катастрофы лед немножко отступил, но за несколько лет — с 1609 до 1611 года — он снова надвинулся, завершив разрушение деревень. Еще одно губительное наступание ледников произошло в 1640—1644 годах. Когда обрывистые концы ледников, медленно сползая по долинам в селения, подошли к домам, чтобы обрушиться на них, некоторые крестьяне, в последней отчаянной попытке спасти свою собственность, откалывали от ледников куски льда и отбрасывали их от своих жилищ.

В то же время, когда ледники приносили столько бедствий жителям Альп, усиливающиеся снегопады увеличили число смертоносных лавин. Буквально за несколько секунд эти массы скользящего снега, как будто сорвавшись с цепи, лишают жизни людей, которые, к своему несчастью, оказываются у них на пути. Лавины, однако, не всегда влекут за собой полное уничтожение материальных ценностей. Иногда, после того как снег растает, дома можно починить, а пастбищам, через которые движется лавина, она подчас и вовсе не приносит вреда.

Что касается наступающих ледников, то они не связаны с человеческими жертвами, но постройки не могут устоять перед их разрушающей силой. Часто лед уносит с собой слой почвы или покрывает ее грудами обломков горных пород, на которых ничего не может уродиться. После ухода ледника земля становится непригодной для сельского хозяйства много-много лет, до тех пор пока эти горные породы не выветрятся.

Теодюльский перевал расположен высоко над Церматтом в горной стене, отделяющей Швейцарию от Италии. В средние века через него проходил главный торговый путь из Италии

в Германию. Особенно оживленное движение на этом пути наблюдалось около VII столетия. Затем ледник Теодюль, сползая с восточного склона Маттерхорна, пересек перевал и перерезал эту важную горную дорогу. Теперь только лыжники, доставляемые лифтами на обе стороны горы, ходят там, где когда-то шли большие трансальпийские караваны.

Есть хорошо документированные свидетельства о надвигании других швейцарских ледников. Около конца XVI века Верхний и Нижний Гриндельвальдские ледники в Бернских Альпах стали покидать свои высокие висячие долины. Приблизительно в течение 25 лет они безостановочно наступали, пока не дошли до низменности около деревни Гриндельвальд. Затем последовало медленное отступление, продолжавшееся почти 100 лет, после чего ледники снова стали наступать, но на этот раз так стремительно, что напуганные жители деревень обратились к властям с просьбой как-нибудь заставить ледники отойти. А так как ледники действительно отступили, стоявшие у власти люди, как это случается даже теперь, завоевали себе хорошую репутацию, возможно, именно из-за этого акта общественного благоустройства, в котором они не были повинны. С тех пор, как говорят документы, история Гриндельвальдских и других альпийских ледников состояла в подвижках вперед, чередовавшихся с небольшими отступлениями. Одно большое наступание произошло в 1743 году, другое, продолжавшееся 9 лет, началось в 1770 году. Между 1814 и 1820 и между 1850 и 1855 годами ледники продвинулись почти до линии своего наступания в конце XVI века. Это продвижение до сих пор остается самым большим наступанием ледников в историческое время.

Увеличиваясь в размерах, ледники иногда запирали собой выходы из боковых долин, образуя в них озера. При этом жители этих долин каждый раз теряли свои земли, затопленные водами новых подпрудных озер.

Начиная приблизительно с 1850 года ледники преимущественно отступали, но размеры некоторых из них все еще превосходят те, какие они имели до большого наступания в конце XVI века. Подо льдом ледника Бренва покоятся развалины деревни Сен-Жан де Пертюи в долине Вени близ главного итальянского входа в туннель через Монблан. В долине Шамони на противоположной стороне Монблана находится деревня Аржантьер, но серебряные рудники, от которых деревня получила свое название и которые разрабатывались в средние века, лежат погребенные под ледником.

В Альпах между 1595 и 1939 годами было зарегистрировано всего 14 наступаний, чередовавшихся с небольшими отступлениями. Можно почти с уверенностью сказать, что еще несколько, правда, менее значительных, надвиганий ледников не было за-

регистрировано, так как местные жители не обращали внимания на ледники, если их продвижение не влекло за собой катастрофы.

В течение многих веков летописцы Исландии и Скандинавии, подобно летописцам Альп, делали записи, благодаря которым мы можем воссоздать достаточно полную картину колебаний ледников. Сравнивая записи, нетрудно заметить, что главные периоды наступания и отступления в основном совпадали во всех этих районах. Какова бы ни была причина этого, она была одна и та же для всей Европы.

В Исландии — от времени ее заселения древними скандинавами в IX веке и до XIV века — был сравнительно мягкий климат, и ее ледники были не такими большими, как в последующие несколько столетий. Но уже с конца XIII века стали проявляться признаки ухудшения благоприятного климата, способствовавшего заселению острова. В конце XVII века климатические условия так резко изменились к худшему, что многие фермы, владельцы которых в продолжение 700 или 800 лет занимались земледелием, оказались погребенными под надвинувшимися ледниковыми языками ледниковой шапки Ватна-Йокуль. Только после большого отступления ледников в 30-х годах XX столетия эти фермы освободились ото льда, который скрывал их несколько веков.

О том, что условия, характерные для северных морей, тесно связаны с ростом и убыванием ледников, свидетельствуют записи ранней истории Исландии. В первые три века после ее заселения (это был период сокращения ледников Исландии) лед, дрейфовавший в море вдоль ее северных берегов, не служил препятствием для судоходства. Эрик Рыжий и другие, более поздние бесстрашные мореплаватели, шли прямо на запад из Исландии в Гренландию на судах, не пригодных для форсирования морских льдов. На протяжении нескольких сотен лет, когда на западном побережье Гренландии процветали колонии скандинавов, торговые суда часто отправлялись в Европу, не испытывая, по-видимому, особых затруднений от ледовой обстановки.

Но в XIII веке, когда европейские ледники начали наступать, что-то стало происходить с морским льдом. Из-за усилившегося дрейфа льдов путь из Исландии в Гренландию стал пролегать южнее. Так как Восточно-Гренландское течение продолжало вносить в море все больше и больше льда, путь был перенесен еще дальше на юг. Все меньше и меньше судов направлялось теперь в Гренландию, и, наконец, в начале XV века торговля ее с Европой окончательно прекратилась. Политическое и экономическое положение внутри страны в тот период было не слишком благоприятным, так как оно в значительной степени зависело от торговли с Европой. Несомненно, что сокращение,

а затем и полный упадок этой торговли были вызваны опасностью, которую дрейфующий лед представлял для судов.

В следующие 100 лет, когда между Гренландией и Европой не поддерживалось никаких связей, поселения в Гренландии исчезли. Европейцы, достигшие Гренландии в XVI веке, не нашли никаких следов давно забытых скандинавов.

Что же послужило причиной этому? Вероятно, главной причиной был разрыв связей с Европой. Колонисты не могли обойтись без ввозимого из Европы железа для изготовления оружия и орудий труда и дерева для постройки судов. Лишенные зерна и муки, они вынуждены были питаться преимущественно мясом и жиром, продолжительное употребление которых в условиях арктического климата, как известно, ослабляет европейцев. Поэтому можно почти с уверенностью сказать, что горстка скандинавов, которая смогла выжить в суровой обстановке изоляции, в конце концов слилась с эскимосами, перебравшимися в этот период с севера вслед за тюленями и моржами, которых более тяжелая ледовая обстановка Баффинова залива и пролива Дейвиса гнала на юг.

Возможно, что судьбу самых ранних европейских поселенцев Северной Америки решили не только меняющийся климат и связанное с ним поведение льда, но тем не менее оба фактора оказали сильное влияние на жизнь людей того времени. Злополучные гренландцы непреднамеренно оставили свидетельство, которое безошибочно говорит о том, что их небольшой мир был завоеван льдом.

На небольшом кладбище в бывшем поселке скандинавов в Херъельфснес на юго-западном побережье Гренландии недалеко от мыса Фарвель в течение 500 лет лежали останки нескольких последних поселенцев. В 1921 году датская археологическая экспедиция под руководством доктора Поуля Норланда, раскапывая могилы, обнаружила доказательства того, что после погребения этих людей климат стал значительно суровее. Многие скелеты, деревянные предметы и костюмы, в которых умершие были похоронены, хорошо сохранились, хотя и пробыли в земле столь длительное время. Могилы оказались в слое вечной мерзлоты, а хорошая сохранность трупов и одежды, несомненно, свидетельствует о том, что мерзлота существовала почти все пятьсот лет, прошедшие после захоронения умерших. Так как в мерзлом грунте могилы не копали (даже теперь в районах вечной мерзлоты это не практикуется), надо думать, что во время погребения земля не была мерзлой, по крайней мере вблизи от поверхности.

Самые старые захоронения оказались наиболее глубокими; более поздние могилы приближались к поверхности все больше и больше по мере того, как слой вечной мерзлоты поднимался все выше и выше, окутывая ранее преданные земле тела. Да-

лее — и этот факт не оставляет места для сомнений относительно состояния земли в момент захоронения — гробы, одежда и даже трупы были оплетены корнями растений, которые, конечно, не могли бы проникнуть в землю, если бы она была постоянно мерзлой.

Итак, после того как первые скандинавы в Херьельфснесе были похоронены, летняя оттепель под влиянием охлаждающегося климата проникала на все меньшие глубины и, наконец, около того времени, когда Колумб начал свое путешествие в Вест-Индию, останками последних скандинавов в Гренландии завладела мерзлота, в плену у которой они оставались, пока в 1921 году датчане не освободили их. Земля же там остается промерзшей до настоящего времени.

В течение этих первых веков климатических перемен лед оставил существенные отпечатки на суше и на людях далеко за пределами районов, где он господствует теперь. Всякий раз, когда ледники увеличивались в размерах и дрейфующий арктический лед продвигался дальше на юг, климат в северной умеренной зоне становился более холодным и влажным; когда лед отступал, климат здесь делался теплее и суше.

Согласно геологическим и археологическим данным, около V века в западных районах Соединенных Штатов многие озера, большие и маленькие, или очень обмелели, или вовсе высохли. А в VII веке, когда через альпийские перевалы, теперь блокированные льдом, проходили торговые караваны, деревья, росшие на юго-западе Америки, а потом зачахшие из-за распространившейся повсюду засухи, оставили запись, которую сегодня можно читать, как книгу. Годичные их кольца рассказывают, что климат не был особенно благоприятным для роста деревьев в то время, когда скандинавские суда курсировали между Гренландией, Исландией и Норвегией в почти свободных ото льда водах. А водоносность Нила, этого вечного обновителя египетской земли, тоже увеличивалась и уменьшалась одновременно с изменениями климата. В период самого интенсивного отступления ледников в Альпах и других районах разлив Нила был небольшим; при наступании ледников половодье было высоким.

Какова причина колебаний климата в историческое время? Это важный вопрос, но он, возможно, вызовет менее горячие споры, чем вопрос о более редких и длительных изменениях, охватывающих целые геологические периоды.

Хотя изменения, измеряемые десятками или несколькими сотнями лет, — всего только краткие эпизоды в истории Земли, они оказывали и будут оказывать сильное влияние на деятельность человека.

Одна из наиболее вероятных причин, вызвавших недавние климатические и ледниковые колебания, — изменения в количе-

стве поступающей на Землю солнечной радиации. Чтобы точно определить эти изменения, надо было бы вести длительные измерения при помощи приборов, установленных на спутниках, движущихся по орбитам, близким к внешней границе атмосферы. Однако и без этого собрано достаточно данных, показывающих, что Земля получает неодинаковое количество ультрафиолетовой радиации, зависящее от изменений в числе солнечных пятен. В периоды максимума пятен (такие периоды повторяются через каждые 7—17 лет) ледники, по-видимому, преимущественно отступают, а в промежуточные периоды минимальной деятельности солнечных пятен — наступают. Колебания климата происходят в соответствии с этими фазами солнечной активности.

С ними же связаны изменения в общей картине циркуляции атмосферы. Когда циклоны в средних широтах отклоняются на какое-то время от своего обычного пути, полярный фронт смещается вместе с ними, ветры меняют направление, а области постоянного высокого и низкого атмосферного давления также перемещаются. В результате на огромных пространствах Земли происходят ощутимые климатические изменения. Может быть, этим объясняется наступание ледников в северной части Каскадных гор, в то время как в остальных областях северного полушария, где теплый тропический воздух вторгается в высокие широты, ледники отступают.

Земля отчасти сама регулирует количество получаемой солнечной энергии, возвращая ее снова в пространство. По мнению некоторых ученых, недавнее потепление в какой-то степени вызвано тем, что в атмосферу поступает много двуокиси углерода (CO_2), образующейся от сгорания горючего, главным образом из выхлопных труб автомобилей и заводских труб. Двуокись углерода поглощает длинноволновую радиацию, которую Земля посылает обратно в пространство, и обогревает таким образом атмосферу, наподобие того, как обогреваются оранжереи. То, что за последние годы в атмосферу поступило гораздо больше CO_2 , чем в течение любого другого исторического периода, не подлежит сомнению. Но дальше дело становится более темным. Море тоже поглощает CO_2 , но сколько — неизвестно. Некоторые ученые считают, что с начала нынешнего века содержание CO_2 в атмосфере увеличилось на несколько процентов. Другие объясняют наблюдаемое теперь равновесие в содержании CO_2 в атмосфере над Антарктикой тем, что море абсорбирует излишек CO_2 почти сразу после того, как он образуется. По их мнению, концентрация CO_2 заметно увеличилась только в промышленных районах. Очевидно, для разрешения этой проблемы потребуется еще некоторое время.

Подсчитано, что при нынешних нормах потребления минерального топлива (уголь, нефть, газ) к концу столетия коли-

чество двуокиси углерода в атмосфере удвоится, если море не растворит ее. Однако независимо от того, как влияет двуокись углерода на атмосферу сегодня, мы не можем объяснить этим влиянием краткие периоды потепления, которые имели место до Промышленного переворота, когда поступление CO_2 в атмосферу от сжигания ископаемого топлива равнялось нулю.

Всякий раз, когда происходит извержение вулкана, в атмосферу выбрасываются массы пыли и пепла. Во время больших извержений густые облака вулканического пепла поднимаются на огромную высоту, откуда воздушные течения верхних слоев атмосферы разносят его по всему земному шару. Через две недели после извержения Кракатоа (Зондский пролив) в 1883 году, уничтожившего не только самый вулкан, но и остров Кракатоа, на котором он был расположен, пепел, развеянный ветром, обволок экваториальную зону, а через три месяца распространился на север через Западную Европу. На протяжении следующих трех лет солнечная радиация во Франции была на 10% ниже нормальной. В продолжение по крайней мере одного года после извержения во всем мире наблюдалось значительное понижение температуры. В первые несколько дней после взрыва Кракатоа палубы кораблей, находившихся в Индийском океане, в 3200 км от вулкана, покрывались тонким слоем белой вулканической пыли. В других районах выпадение пепла не было обнаружено, но пыль была, и ее присутствие вызвало ряд явлений, которые не могли пройти незамеченными: целый год после извержения в Соединенных Штатах, Европе, Африке и других районах мира в ясные дни вокруг солнца и луны были видны необычные ореолы — от зеленовато-желтого до огненно-красного цвета.

Не один Кракатоа повлиял на климат Земли. Много других вулканов тоже внесло свою лепту. Вулкан Гекла в Исландии не раз «посылал» свой пепел в Норвегию и на Британские острова, и некоторое время после его самого сильного извержения во всей Европе наблюдались своеобразные зори и другие атмосферные чудеса. В течение нескольких месяцев после извержения в 1783 году другого исландского вулкана, Скаптар-Иокуля, в Европе и Азии были видны цветные сияния и необычная дымка, а наступившая зима была одной из самых суровых из известных до того времени.

Значительное падение температуры, принявшее глобальные масштабы, последовало за извержениями вулканов Томборо на острове Сумбава (восточнее Явы) — 1815 год, Мон-Пеле в Вест-Индии — 1902 год и Катмаи — 1912 год. Облака пепла, выброшенные Томборо и развеянные ветром, были настолько густыми, что в течение трех дней в радиусе 500 км от вулкана царил полный мрак. 19 июня, через две недели после извержения Катмаи, в Северной Африке появилась дымка, образован-

ная вулканической пылью; за следующие 10 дней мгла стала такой плотной, что экспедиции Смитсоновского института, производившей измерения солнечной радиации, пришлось прекратить работу на все лето.

Еще не удалось подсчитать, сколько вулканического пепла должно быть в атмосфере, чтобы температура воздуха на всей Земле понизилась на определенное количество градусов. Очевидно, что концентрация крохотных частиц пепла чрезвычайно невелика. Вулкан Катмаи выбросил во время извержения, одного из самых сильных в историческое время, 25—30 км³ твердого вещества, но бóльшая часть его осела на землю в окрестностях вулкана: в Кадьяке (в 160 км от кратера) толщина выпавшего пепла равнялась 30 см, а в 2400 км отсюда, на ледниках Гренландии, пепел оседал, вероятно, в ничтожном количестве.

Тот факт, что вулканический пепел многие годы остается взвешенным в верхних слоях атмосферы, навел некоторых ученых на мысль, что охлаждение климата, которое к самому началу нашего столетия стало уменьшаться, было вызвано пеплом в атмосфере, скопившимся там в результате больших вулканических извержений предыдущих 100 лет или более. Медленное оседание пепла, особенно начиная примерно с 1920 года, сделало воздух более прозрачным для солнечной радиации, результатом чего является нынешнее заметное потепление климата.

Какова бы ни была причина или причины колебаний климата с начала исторического времени, можно сказать, что многие факторы, в том числе и несовершенная методика наблюдений, усложняют решение этой проблемы. И нагревается или охлаждается Земля в целом — этого мы сейчас еще не знаем.

ЛЕТОПИСЬ ВЕДЕТ ПРИРОДА

Архивы Шамони и других альпийских городов и хроники, оставленные исландцами и скандинавами, содержат прямые свидетельства того, что происходило с ледниками в более ранние времена. Папирусы и глиняные таблички, найденные при раскопках гробниц и погребенных городов, позволили восстановить картину климатических изменений, происходивших задолго до нашей эры. Все эти данные, как прямые, так и косвенные, положены в основу документированного рассказа о природных явлениях, имевших место в туманных даях начала исторического времени. До этого времени природа была единственным летописцем. Десятки тысяч лет она честно регистрировала колебания ледников, где бы они ни происходили. А так как она и теперь продолжает делать это, у геологов и гляциологов грядущих тысячелетий будет немало возможностей определить, чьи записи — человека или природы — более надежны.

Несомненно, бывали случаи, когда прорывы запруженных льдом озер смывали поселения индейцев в юго-восточной Аляске. Можно также себе представить, что какая-нибудь индейская деревня была стерта с лица земли наступающим ледником, или что охотник, возвратившись через несколько лет в долину, где он раньше охотился, обнаруживал, что она вся забита льдом. До XIX века ни один из очевидцев этих мрачных событий не оставил нам ни единого письменного свидетельства. Смутные индейские легенды, передаваемые из поколения в поколение, ничего не говорят о времени, когда происходили описанные в этих легендах события. И все же мы знаем не только то, что эти события имели место, но с помощью дневника, который ведет природа, мы смогли узнать, где и когда они произошли.

Почти 200 лет тому назад — около 1768 года — фронтальная часть ледника Менденхолл находилась на 3,2 км ближе, чем сегодня, к месту, где сейчас расположен аэропорт в Джуно. Известно также, что за последние 600—700 лет ледник Менденхолл ни разу не переходил эту границу. В 1755 году ледник Таку, как и Менденхолл, питающийся из ледяного поля Джуно, будучи на

5,6 км длиннее, чем теперь, перегородил реку Таку и образовал озеро, которое простиралось на много километров вверх по долине. Поведение многих других ледников Аляски в далеком прошлом также хорошо известно, хотя человек не оставил о них ни одной записи.

Как природа регистрирует эти события? Какие оставляет знаки, которые ученые могут читать? Мы уже говорили, что сам лед дает ключ к некоторым страницам своей истории. Если годовичные слои в леднике отделены друг от друга прослойками, можно, сосчитав их, установить возраст льда. Споры, пыльца и вулканический пепел, которые содержатся в этих прослойках, рассказывают о событиях, происходивших в то время, когда они попадали на ледник. В случае отсутствия видимых пылевых прослоек (например, в Антарктиде и Гренландии) при помощи определения соотношения изотопов кислорода во льду мы узнаем не только о возрасте льда, но и о температуре, при которой шло накопление снега.

Но как можно воссоздавать историю там, где ледники исчезли, или, как это случилось с Менденхоллом и Таку, отступили из мест, занимаемых ими раньше? Как раз здесь природа сделала свои самые понятные записи.

Когда конец ледника продолжительное время остается на одном месте, конечная морена, состоящая из обломков горных пород, принесенных ледником, постепенно начинает принимать вид холмистых гряд. И хотя конец ледника из года в год испытывает сезонные колебания, моренный вал со временем может достигнуть высоты в несколько десятков метров. В эпоху стационарного состояния ледника прилегающий к нему лес распространится до внешнего края конечной морены. Это особенно характерно для юго-восточной Аляски, где ледники спускаются намного ниже верхней границы леса. Конечно, пока ледник формирует конечную морену, деревья на ней не растут. Поэтому, когда климатические изменения вызывают сокращение ледника и он отступает на новые позиции вверх по долине, пространство, которое он раньше занимал, представляет собой голую полосу земли, окаймленную нетронутым лесом. Растительность почти сразу начинает захватывать этот пустой участок земли — по крайней мере в таком мягком и влажном климате, какой присущ юго-восточной Аляске. Но еще долго после ухода ледника опушка нетронутого леса будет оставаться границей лесной растительности, отмечая место, где находился прежний край ледника, так как новый лес, выросший на покинутой льдом земле, будет гораздо моложе и, возможно, будет состоять из других пород деревьев, чем старый лес у внешнего края морены.

Первые растения, однако, не могут пустить корни на новом месте до тех пор, пока ветер, птицы или другие животные не разнесут семена. Так как конечная морена находится ближе всего

к лесу, а значит, и к источнику семян, растения дают всходы прежде всего на ее каменистой поверхности. В течение первых нескольких лет появляются только растения, которые не боятся солнечного света и нетребовательны к почве.

В окрестностях Джуно первыми прививаются на голых участках ива и ольха, и за несколько лет образуются густые заросли из этих невысоких деревьев. Затем, обычно через 5—10 лет после ухода ледника, то тут, то там начинают подниматься ситхинская ель и другие долговечные породы. Затененные густым пологом ольхи, они растут очень медленно. Но наступает час, и они пробиваются на солнечный свет из-под покрова ольшаника, вскоре вытесняют менее высокие деревья и на многие годы захватывают господство в растительном сообществе.

Разумеется, не всюду между исчезновением ледника и появлением леса проходит столько времени, сколько потребовалось для того, чтобы появился лес, примыкающий теперь к ледяному полю Джуно. Там, где климат суше или холоднее, лес растет медленнее. В северной части Скалистых гор саженцы деревьев могут обычно укрепиться в почве не раньше, чем через 15—20 лет после отступления ледника, а в Глейшер-Бей ледник отходил настолько быстро, что опередил появление края нового леса. Когда покинутый ледником участок очень далеко отстоит от опушки старого леса, ветер не может донести до него достаточного количества семян, и новый лес вырастает только через 50—100 лет после освобождения земли от ледника.

Таким образом, чтобы узнать время отступления ледника из какой-нибудь точки, необходимо определить возраст самых старых деревьев, растущих на морене, путем подсчета их годовичных колец. Затем, если известно, сколько времени требуется данному виду деревьев, чтобы привиться на морене, можно узнать с точностью до нескольких лет дату ухода ледника.

Но эта проблема не так проста, как может показаться. Прежде всего, самые старые деревья не всегда самые большие. Очевидно, что валить лес в попытке найти самое старое дерево — задача почти невыполнимая; к тому же этот метод вызвал бы неоправданное уничтожение леса. Поэтому там, где возможно, специалисты используют для измерения прироста древесины буров, при помощи которого из дерева извлекается образец диаметром с карандаш. После полировки образца можно сосчитать на нем годовичные кольца прироста.

Но и подсчет колец — тоже не легкое дело. У некоторых лиственных деревьев кольца неясные, а близ границы лесной растительности, где рост происходит чрезвычайно медленно, деревья бывают настолько маленькими, что извлечь из них пробу невозможно. Возраст деревьев, достигающих только 120 см высоты, подчас исчисляется несколькими сотнями лет. Встречаются деревья, у которых на каждый сантиметр приходится 80 годовичных

колец. Единственный способ узнать возраст таких карликов — срубить их, отполировать все поперечное сечение дерева и сосчитать кольца при помощи увеличительного стекла. Возраст хвойных деревьев (даже самых маленьких) определяется обычно с большей точностью, так как кольца у них состоят из двух резко контрастирующих слоев: внутреннего — светлого, образующегося весной, и внешнего — темного, который добавляется летом.

В узких долинах, где освободившаяся от ледника земля находится не дальше нескольких сот метров от края нетронутого ледником леса, растения начинают покрывать не только самую конечную морену, но и все пространство между нею и концом ледника почти одновременно. При новом отступании ледника еще более молодой лес раскинется на всей новой территории между мореной и ледником. Так все более и более молодые леса следуют за краем отступающего ледника. И чем медленнее это отступление, тем уже будет безлесная зона впереди ледника.

Но в современных климатических условиях ледники не только отступают, но и наступают. И когда они начинают надвигаться вперед, новый лес, завоевавший до этого землю, оставленную раньше ледником, будет сломан и поднят ледником. При непрерывном и длительном наступании ледник может стереть все линии, отмечающие границы лесов, вплоть до самой старой, за которой находится лес, оставшийся нетронутым при первом отступании ледника: таким образом, ледник уничтожит все записи, которые сам когда-то делал.

Когда у ледника иссякает энергия и он снова останавливается или начинает отступать, образуется новая линия леса, отмечающая самую далекую точку, достигнутую льдом. Если бы такое продвижение ледника происходило сегодня, за ним велось бы наблюдение, его нанесли бы на карту и сфотографировали; в летописях колебаний ледников остались бы точные описания, которыми могли бы пользоваться ученые. То же самое мы сделали бы в случае отступления ледника.

Теперь предположим, что несколько веков тому назад ледник на юго-востоке Аляски предпринял такое наступание и что, прежде чем он начал отступать, его конец оставался стационарным несколько десятилетий. Возраст самых старых деревьев на морене внутри границы леса обозначал бы время, когда ледник стал отходить. Но как можно узнать, когда остановилась наступавшая фронтальная часть ледника? Используя один из основных принципов геологической науки, сформулированный более 175 лет тому назад Джеймсом Хаттоном и гласящий, что «настоящее — ключ к прошлому», мы должны найти ответ на наш вопрос в наблюдениях за поведением конца ледника, когда он вторгается в лес.

Иногда фронт ледника, достигнув предела своего продвижения, прежде чем остановиться, проползает еще последние

десятки сантиметров. При этом он, как бульдозер, заставляет деревья наклониться, но уже не вырывает их с корнем, а только сдирает часть коры. Некоторые из таких деревьев будут продолжать расти, но, не в силах выпрямиться, так и останутся искривленными. Однако из года в год у них будут нарастать годовичные кольца, фиксирующие время и причуды погоды и климата. Через много лет после отступления ледника лесоруб со своим топором и пилой пройдет мимо этих покрытых шрамами ветеранов, но специалист-ученый обратит на них особое внимание. Для него такие деревья будут самыми ценными в лесу. Проба, взятая у одного из них, ясно обнаружит шрам, оставшийся от последнего толчка ледника. Эту рану будут покрывать годовичные кольца — по одному каждый год после катастрофы. Подсчет этих новейших колец выявит точную дату прекращения продвижения ледника.

Хотя за последние 300 лет большинство ледников юго-восточной Аляски пережило один или несколько периодов наступания, преобладали все же периоды отхода. Поэтому параллельно переднему краю большинства ледников идут несколько хорошо сохранившихся линий лесных границ, обозначающих места, где отступление фронта ледника было нарушено либо небольшими подвижками ледника вперед, либо остановками. Даже ледник Таку, который, в отличие почти от всех других ледников мира, непрерывно наступает уже более 60 лет, еще не достиг линии леса, отмечающей максимальный предел последнего большого наступания. Как рассказывают кольца деревьев, после этого продвижения ледник начал отступать около 1750 года.

У нескольких ледников, питающихся из ледяного поля Джунуно, особенно хорошо выражены морены и линии леса. Дорога, ведущая из Джунуно к леднику Менденхолл, пересекает очень явные морены и лесные границы. На них особенно интересно смотреть сверху, так как оттуда лучше видна разница в зеленой окраске лесов: чем моложе лес, тем светлее его окраска. Ледник Херберт, который лежит севернее Джунуно, образовал двадцать ясно различимых линий леса и морен.

Границы лесной растительности не являются исключительной особенностью юго-восточной Аляски. Они только потому хорошо там видны, что многие ледники вторгаются в лесную зону. То же самое характерно для ледниковых районов Британской Колумбии и Каскадных гор в штатах Вашингтон и Орегон. По годовичным кольцам деревьев выяснено, что наступания и отступления ледников происходили там в то же время, что и на Аляске. Возраст деревьев внутри самой старой линии леса, до которой доходил ледник Нисквалли на горе Рейнир, показывает, что от этой линии ледник стал отступать около 1750 года, на 100 лет раньше, чем он был открыт лейтенантом А. В. Кауцем. Годовичные кольца у старых деревьев, растущих вне этой линии леса, гово-

рят о том, что на протяжении предыдущих нескольких сотен лет ледник ни разу не продвигался дальше того положения, в каком он находился в 1750 году.

Такова же история и ледника Эллиот на горе Худ в штате Орегон. У самой старой линии леса на северо-восточном склоне пика, недалеко от Клаудкэр Инн, профессор Дональд Б. Лоуренс выбрал дерево, покрытое шрамами. Сосчитав кольца, он определил, что последний толчок ледника, затронувший это дерево, имел место в 1740 году. Вне этой линии лес оставался нетронутым начиная примерно с 1300 года.

Таким образом, недавняя история ледников в Северной Америке представляется нам в следующем виде: около середины XVIII века ледники предприняли большое наступание — самое большое со времени их продвижения около 1300 года и, возможно, даже за последние несколько тысяч лет. Затем начался период отступления, который продолжается до сих пор, перемежаясь остановками и небольшими подвижками вперед. Во всем тихоокеанском прибрежном районе ледники за последние два столетия укоротились более чем на 3 км, за исключением Глейшер-Бей, где главный ледник сократился более чем на 96,5 км.

Обо всем этом рассказали древесные кольца, и рассказ этот почти точно совпадает с тем, что европейские наблюдатели писали о ледниках Исландии, Норвегии и Альп. Сначала человек описывал то, что он непосредственно видел в природе; спустя много лет люди стали отправляться в экспедиции, чтобы посмотреть на записи, сделанные самой природой (на линии леса и морены), и проверить, правильны ли были наблюдения предшественников. Поэтому нам, в сущности, не нужны показания, оставленные капитаном Джорджем Ванкувером, относительно положения конца большого ледника в Глейшер-Бей в 1794 году. Годичные кольца повествуют нам о том, чего Ванкувер никогда не знал, а именно, что в его время увиденная им колоссальная масса льда уже сокращалась в течение 50 лет и что ее внушительный обрывистый фронт уже отступил на 8 км.

Хотя дендрохронология (определение возраста деревьев) помогает обнаружить только то, что происходило с ледниками за последние 600—700 лет, благодаря ей мы узнаем о климатических изменениях, имевших место на протяжении гораздо большего отрезка времени. Этими сведениями снабжают нас главным образом деревья, растущие в неблагоприятных условиях — на скалистых, не защищенных от ветра склонах и на участках, где слой почвы тонкий и бесплодный, так как такие деревья весьма чувствительны к изменениям количества влаги. Во влажные годы образуются более широкие годичные кольца, чем в засушливые.

Высоко в Белых горах в Калифорнии, пустив корни в расщелины между глыбами известняка, стоит группа остистых сосен,

принимая на себя удары иссушающих ветров из окрестных пустынь. Всю свою жизнь, более долгую, чем жизнь любого другого организма, они подвергались действию то сильной жары, то сильного холода. Эти патриархи растительного царства были уже глубокими стариками, когда самая старая секвойя только поднималась из земли.

В 1957 году, после поисков самых старых остистых сосен, продолжавшихся несколько лет, ныне покойный доктор Эдмунд Шульман, дендрохронолог из Аризонского университета, знал, что он приближается к цели. Предварительный подсчет колец на образцах, взятых у одной из самых старых сосен, указывал на ее колоссальный возраст. Началась захватывающая работа по точному подсчету годовичных колец. Кольцо за кольцом проходило перед объективом микроскопа, унося Шульмана в глубь веков. Подсчет, казалось, только начался, а кольцо уже указывало на год, когда Колумб высадился на Сан-Сальвадоре. В год рождения Христа сосна уже была древней. Пока греки вели Троянскую войну, а финикийцы создавали свою великую морскую державу, дерево регистрировало каждый год, добросовестно отмечая в своей древесине разницу между плодородными и неплодородными годами. Еще одна тысяча лет, за ней другая — и подсчет, переступив границу рождения самых старых из ныне живущих гигантских секвой, наконец, остановился на годовичном кольце 4600. Как раз столько лет тому назад дерево пустило ростки из семени, нашедшего себе пристанище в расщелине на высоком горном склоне в Калифорнии.

Предпочтение, отдаваемое остистыми соснами высоким голым скалам, спасло их от толчка наступающего ледника. Если среди них и были пострадавшие, они еще не найдены.

Как же в таком случае определить время этих более древних климатических изменений и наступаний ледников? О том, что они происходили, нам уже известно. На горах Худ и Рейнир, в юго-восточной Аляске, всюду, где бы сейчас или раньше ни находились ледники, есть морены, образовавшиеся гораздо раньше XVIII века. На них шумят старые леса, а под толстым слоем почвы, созданной многими поколениями лесной растительности, находится морена, выветрелая на глубину нескольких десятков сантиметров. Из наблюдений над скоростью выветривания в продолжение короткого, но точно определенного срока мы знаем, что такие изменения морены потребовали гораздо больше времени, чем даже то, каким исчисляется жизнь старейших остистых сосен.

Если существует значительная разница в возрасте между двумя моренами, их относительный возраст можно определить по глубине, до которой они выветрились. Выветрелая зона на более старой морене будет толще. Правда, выветривание в разных местах протекает с различной скоростью в зависимости от кли-

мата. В теплом сыром климате бассейна Амазонки оно идет гораздо быстрее, чем в прохладном климате Новой Англии или в пустыне Сахаре; толщина слоя коры выветривания в Бразилии может достигать 90—120 м, а в Новой Англии на такой же породе — только 6 м. Поэтому в отношении возраста глубина выветривания в моренах указывает только на то, что одна морена старше или моложе другой.

Метод определения абсолютного возраста событий ледникового периода зародился в 1879 году, когда шведский геолог барон Герхард Де Геер приступил к изучению отложений бывших ледниковых озер. Эти отложения, которые Де Геер назвал *ленточными глинами*, отличаются правильной слоистостью. Каждая лента состоит из пары слоев — нижнего более толстого тонкопесчаного и верхнего более тонкого глинистого — мощностью от нескольких миллиметров до 2—3 см. Де Геер предположил, что каждая лента отлагается в течение одного года. Каждое лето талая вода приносит в озера, расположенные у окраины ледников, большое количество минеральных частиц. В спокойной воде озера грубый материал быстро оседает и образует на дне «летний» песчанистый слой. В холодной и плотной воде тонкие частицы находятся во взвешенном состоянии гораздо дольше и оседают только осенью и зимой, образуя «зимний» глинистый слой.

Этот тип осадков можно наблюдать в ледниковых озерах и сегодня. Ленточные глины отлагаются на дне озера Луиза в Скалистых горах (в провинции Альберта) — в него стекают талые воды ледника Виктория. В холодные годы образуются тонкие ленты, в теплые — более толстые. Поэтому годовичные слои ленточных глин, подобно годовичным кольцам деревьев, могут многое рассказать о климате, в котором они возникали.

Ледниковые озера рождаются после отступления льда, когда потоки талой воды начинают заполнять углубления, созданные ледниками. Таким образом, самая нижняя лента в осадочной толще, вероятно, образовалась в год, когда ледник отошел из данной местности. Вместе с образованием новых озер отлагается и новая серия ленточных глин. Ленты, отложенные в разных озерах, но в одном и том же году, особенно если он характерен (либо холодный, либо теплый), будут одинаковыми и их легко распознать.

Это единственное в своем роде свойство ленточных глин дало Де Гееру возможность определить время отступления последнего ледника в Швеции. Оказалось, что последний ледниковый покров исчез отсюда почти 12 тысяч лет тому назад. Сообщение об этом открытии, сделанное Де Геером на 11 Международном геологическом конгрессе в Стокгольме в 1910 году, ознаменовало собой новую эпоху в геологии. Теперь впервые стало возможно измерять продолжительность геологических периодов в абсолютном летоисчислении (в годах).

Этот метод, однако, не свободен от недостатков. Мощные нейтронные процессы денудации (разрушения и сноса) обнажения ленточных глин встречаются редко, а в Северной Америке, в частности, они настолько разбросаны в разных районах, что установить между ними какое-нибудь соответствие не удастся. Поэтому для Америки хронология, опирающаяся на подсчет ленточных глин, имеет много пропусков. Кроме того, замечено, что в некоторых озерах волны и течения в штормовую погоду взбалтывали ленточные отложения, которые, затем осаждаясь снова, вместо двухслойных лент образовали многослойные.

Геологи давно мечтали найти метод определения точного времени многих событий, происходивших ранее тех, какие записаны в виде годовых колец у деревьев и ленточных глин, и теперь их мечта осуществилась. В 1947 году специалист по ядерной химии Уиллард Либби, открывший радиоактивный углерод в атмосфере, нашел способ определения возраста веществ, содержащих радиоуглерод. За это он был удостоен Нобелевской премии по химии за 1960 год.

Открытие доктора Либби основано на свойстве, которым обладает радиоактивный изотоп углерода. Он имеет атомный вес 14 (у обыкновенного углерода атомный вес 12) и превращается со временем в другой элемент. Атомы радиоуглерода образуются в верхних слоях атмосферы Земли в результате бомбардировки нейтронами атомов азота. Когда один из этих быстрых нейтронов сталкивается с атомом азота, он выбивает протон из ядра последнего, превращая, таким образом, N^{14} в радиоактивный C^{14} . Впоследствии C^{14} начинает медленно распадаться и в конце концов снова превращается в азот. Если бы в верхних слоях атмосферы образование нейтронов прекратилось, перестал бы создаваться и C^{14} , а весь ныне существующий исчез бы приблизительно через 70 тысяч лет. Период полураспада C^{14} равен примерно 5700 лет. Это значит, что столько лет половина первоначального углерода исчезает, половина оставшегося распадается через следующие 5700 лет — и так до тех пор, пока — через 70 тысяч лет — от него ничего не останется.

Но так как на образование C^{14} в атмосфере требуется гораздо больше времени, чем 70 тысяч лет, и так как он исчезает с той же скоростью, с какой возникает, его концентрация в атмосфере остается постоянной. Радиоуглерод входит в ткани всех растений, которые поглощают его в процессе фотосинтеза. Животные употребляют в пищу растения и, таким образом, тоже поглощают радиоуглерод. И поэтому в живых организмах количество радиоактивного углерода, как и в атмосфере, остается постоянным: новые запасы поступают с той же скоростью, с какой старые растрачиваются.

Применив чувствительный счетчик Гейгера для регистрации каждого распада атома C^{14} , доктор Либби и его сотрудники на-

шли, что отношение радиоактивного углерода к углероду, содержащемуся в живой материи, по существу, одинаково на всей Земле. Независимо от того, была ли это норвежская ель из Скандинавии, сосновая древесина или хвойные иглы из лесов в штате Нью-Мексико, дуб из Палестины или тюлений жир из Антарктики, — счетчики в основном показывали одно и то же количество распадающихся атомов на грамм углерода.

Но когда растение или животное умирает, поглощение ими двуокиси углерода и, следовательно, радиоактивного углерода прекращается. И с этого момента вместе с каждым распадающимся атомом радиоактивный углерод в организме тоже непрерывно распадается: половина его в 5700 лет, три четверти в 11 400 лет, пока, наконец, от него не останется такое незначительное количество, что его уже нельзя будет обнаружить. Поэтому, измерив с помощью счетчика Гейгера радиоактивность остатков давно умерших растений или животных, можно определить и год их смерти, если только при жизни они имели ту же концентрацию C^{14} , какой подобные растения и животные обладают сегодня. Это открытие, несомненно, дает в руки геологам, археологам и другим ученым, интересующимся доисторическими событиями, календарь огромной ценности.

Затем доктор Либби предпринял следующий шаг. Он решил проверить свой метод на каком-нибудь древнем предмете, возраст которого был заранее известен. Самые старые, более или менее точно датируемые археологические объекты, — это гробницы первой египетской династии, насчитывающие пять тысяч лет. Возраст деревянных предметов в этих гробницах — пола, балок и гробов, определенный в результате измерения количества находившегося в них радиоактивного углерода, хорошо совпадал с датами, записанными в календарях, которые люди той эпохи так любезно оставили нам.

С тех пор проверка точности радиоуглеродного метода производилась неоднократно в разбросанных по всему свету сорока (или около того) лабораториях, специально созданных для исследований с применением этого метода. Ученые Ламонтской геологической лаборатории определили, что возраст обугленного каравая хлеба, найденного в развалинах Помпеи, был равен 1830 ± 50 лет. Хлеб, по-видимому, покрылся вулканической пылью, когда сильное извержение Везувия в 79 году нашей эры разрушило город. Так как в древней Помпее зерно, вероятно, не хранилось более двух лет, прежде чем его использовали, пшеницу, из которой выпечен каравай, сняли с поля приблизительно за 1800 лет до того, как ее возраст был определен в Ламонте. Мы не осмеливаемся судить о способах выпечки хлеба, каким пользовались тогда пекари, но можно считать непреложным фактом, что если бы неаполитанцы и не оставили нам никаких письменных свидетельств о времени гибели Помпеи, мы все равно узнали

бы об этом по одному маленькому обугленному хлебцу, извлеченному из пепла, похоронившего развалины города.

Теперь геологи и гляциологи получили долгожданный метод определения абсолютного ряда событий ледникового периода. В попытке датировать события давно минувшей истории радиоуглеродному анализу подвергнуты тысячи образцов дерева, костей, раковин и торфа. Все эти материалы, взятые из болот, пещер, берегов и морен, расширили календарь ледниковых и климатических событий почти до 70 тысяч лет. В образцах, которые относятся к еще более раннему времени, просто не осталось достаточного количества радиоуглерода, чтобы можно было определить их возраст.

Вскоре после открытия доктора Либби радиоуглерод продемонстрировал свой первый большой успех, установив абсолютную дату последнего большого вторжения ледников в северные штаты США. В горных породах на побережье озера Мичиган, в нескольких милях севернее Манитовок в штате Висконсин, около места, известного под названием Ту-Крикс, найден погребенный под мореной слой торфа, в котором обнаружены пни (корни некоторых из них уходят в глину под ними), раздавленные стволы ели, сосны и березы. Под торфом залегают тонкослоистые озерные глины, подстилаемые, в свою очередь, еще одной мореной.

История, рассказанная этой серией отложений, вполне ясна. Нижняя морена была отложена под ледником, когда он покрывал Ту-Крикс, простираясь на много километров к югу. Затем, в результате изменений климата, ледниковый покров стал сокращаться, и когда его край отходил на север через Ту-Крикс, вся эта территория оказалась под водой, хлынувшей из озера Мичиган, запруженного отступающей фронтальной частью ледника. Озеро (впоследствии получившее у геологов название Ледниковое озеро Чикаго), северный берег которого был сплошь покрыт льдом, разлилось у южного края в месте, где теперь стоит город Чикаго, и нашло выход своим водам через реку Иллинойс в Миссисипи. На дне озера отложилось несколько футов тонкослоистой глины. По мере отступления края ледника на север озеро Чикаго становилось все больше. В конце концов край ледника отступил в Канаду, обнажив низкий спуск через пролив Макинак и долину реки Св. Лаврентия. Уровень воды в озере Чикаго сразу же упал до уровня нового порога стока, освободив участок суши в районе Ту-Крикс. Вскоре деревья и другие растения заняли пространство, покинутое ледником, и со временем здесь вырос густой еловый лес. Пока край отступающего ледника находился где-то в Онтарио, первые деревья в лесу достигли зрелости и образовалась торфянистая почва из мха, гниющих листьев и древесины. Судя по растениям, обнаруженным здесь, тогдашний климат района Ту-Крикс, вероятно, напоминал современный

климат северной Миннесоты и района севернее Верхнего озера.

Спустя некоторое время стало холоднее (внешние годовичные кольца на погребенных пнях тоньше, чем внутренние), и пробудившийся ледниковый покров двинулся из Канады через долину реки Св. Лаврентия, пролив Макинак, и, заперев, как и прежде, северный выход из озера Мичиган, снова образовал озеро Чикаго. Поднимающиеся воды медленно поглотили лес у Ту-Крикс. В продолжение многих лет эти утопленники стояли на глубине 18 м под водой, в то время как тонкие слои ила и глины оседали вокруг них. Но передняя часть ледникового покрова, сползая по котловине озера Мичиган и безжалостно толкая впереди себя озеро, в конце концов вступила в лес. Ломая деревья, лед хоронил их под новым слоем морены, которую он принес с собой с севера.

В южный Висконсин вернулся ледниковый век. Лед уничтожил растительность, изгнал отсюда животных и заставил жителей Великих озер, поселившихся в здешних лесах после последнего отступления ледника, собрать свои пожитки и двинуться на юг.

Вскоре после вторжения ледникового покрова в Ту-Крикс наступание льда прекратилось. В бассейне озера Мичиган самый южный выступ ледника достиг приблизительно того места, где теперь расположен город Милуоки. Но лед покрыл почти всю северную часть штата Мичиган, дошел до Ниагарского водопада и Рочестера и, возможно, занял большую часть Новой Англии.

Геологов и археологов давно интересовало время, когда происходило это оледенение, так как оно было последним большим продвижением североамериканского ледникового покрова. До применения радиоуглеродного метода датирования наиболее надежные вычисления, основанные на подсчете слоев ленточных глин, показывали, что от конца этого оледенения нас отделяет около 25 тысяч лет.

Что же говорит об этом радиоуглеродный метод? Он говорит, что с тех пор как поднимающиеся воды ледникового озера Чикаго затопили деревья в лесу у Ту-Крикс, минуло около 11 400 лет. Согласно другим определениям, лед прошел через Ту-Крикс почти 11 тысяч лет тому назад, покрыв последние 160 км до Милуоки еще через 150 лет.

На север от Великих озер край ледникового покрова в последний раз отодвинулся около 8 тысяч лет назад, и в то время, когда фараоны строили свои пирамиды в Гизехе, окраина ледника лежала недалеко к северу от нынешнего местоположения столицы Канады.

Радиоуглеродный метод переживает пока пору своего младенчества. Но в скором времени будет определен возраст множества других удивительных находок, и тогда мы получим календарь всех важных событий позднего плейстоцена. Станет известным даже время, когда по земле ступал мамонт. Некоторое

количество кожи и мяса детеныша мамонта совершило путешествие из холодильного помещения Американского Музея естественной истории в Ламонтскую радиоуглеродную лабораторию Колумбийского университета. Оказалось, что мамонтенок гулял по Земле приблизительно 21 300 лет тому назад. По кусочку кожи знаменитого мамонта Адамса, найденного в 1799 году, счетчики Гейгера в лаборатории Иельского университета отсчитали 30 тысяч лет. Березовский мамонт, о котором известно, что он жил в климате, несколько более теплом, чем современный, тоже, по-видимому, процветал более 30 тысяч лет тому назад, в межледниковый период, предшествовавший максимальному оледенению. Однако, по мнению советских ученых, мамонты жили в более позднее межледниковье (около 11 тысяч лет тому назад), т. е. как раз в то время, когда у Ту-Крикс вырос лес.

Есть еще одно хранилище записей древних климатических колебаний, из которого можно извлечь сведения о том, что происходило с жизнью на суше, в каком состоянии были морской лед и вечная мерзлота и как поживали ледники на протяжении 10 тысяч лет после того, как они предприняли свое последнее большое наступление. Всюду, куда бы ни продвигался ледниковый покров, он отлагал и нагромождал обломки горных пород, которые перегораживали реки и создавали впадины, превращавшиеся при отходе ледника в озера и озерки. Пространство, покрытое галькой и валунами и усеянное озерами, недолго оставалось бесплодным и в прежние времена. Подобно тому, как мох, осока, ольха и ива вторгаются теперь на морены в юго-восточной Аляске, они шли по следам медленно отступающих масс льда через северные штаты и Канаду, через равнины в районах Балтийского и Северного морей в Европе. Вскоре к этим первым растениям стали присоединяться ель и другие породы деревьев, заселяя землю, которая была недоступна для множества более ранних поколений. Растительный покров продвигался все дальше и дальше, то поспевая за отступающим краем ледника, то отставая от него, когда в более теплые годы край ледника отступал быстрее, и опять нагоняя его и сокращая разрыв, когда ледник задерживался в своем бегстве на север.

В новую страну озер все бóльшими и бóльшими стаями прибывали утки, гуси и другие водоплавающие птицы. В конце концов они завладели половиной всего Североамериканского континента, превратив его в свою летнюю резиденцию. Другим видам животных новые земли тоже пришлись по вкусу. Но в этой самой острой за 100 тысяч лет борьбе за обладание земельной недвижимостью одним везло больше, чем другим. Американский лось, населявший ограниченные районы у края ледникового покрова, смог теперь вернуться на обширные пространства, откуда он был изгнан последним наступанием ледника, и всласть полакомиться водными растениями.

Растительный покров занял не только сушу. На дне озер и озерков поселились водные растения. Их новые поколения из года в год поднимались поверх все более толстого слоя гниющих остатков прежних поколений. Каждое озеро получило также свою ежегодную долю остатков растений, распространившихся вдоль берегов. Набухшие от воды, они тонули, присоединяясь к донным осадкам. Этот органический материал, подверженный под защитным покровом воды лишь частичному разложению, медленно превращался в торф.

В новых лесах каждую весну и лето в воздух попадало множество пыльцевых зерен ели, сосны, ольхи и других деревьев и цветковых растений. Только ничтожно малое количество этих крохотных зернышек, увековечивая себя в следующих поколениях своего вида, достигало цели, предназначенной им природой. Остальные разносились во все стороны ветром. Часть пыльцы попадала при этом на ледяной покров, другая опускалась на поверхность озер, где, плавая на воде в виде тонких пленок, в конце концов погружалась на дно и смешивалась с торфом.

Оказывается, что из всех растительных материалов пыльца меньше всего поддается разрушению. Наружная оболочка зернышка пыльцы состоит из чрезвычайно прочного вещества, и хотя при соприкосновении с жидкостью, выделяемой завязью цветка своего собственного вида, она делается мягче, зернышко может остаться неизменным в течение невероятно долгого времени, если пыльца захоронена в торфе и других осадках. Исчезли утки и гуси тех далеких времен, сгнили почти все кости американского лося и гигантских бобров, но в торфе, заполнившем впадины ледниковых озер и озерков, слой за слоем лежат пыльцевые зерна, как свидетели, призванные рассказать о климате минувших эпох и установить их хронологию.

Пыльцевые зерна одного растительного вида устроены одинаково и резко отличаются от пыльцы других видов. Поэтому палинолог* легко может определить, к какому виду растений принадлежит данная пыльца.

За несколько тысяч лет, прошедших после исчезновения ледникового покрова, огромное число мелких ледниковых озер превратилось в торфяные болота и трясины. Внутри этого торфа скрыта местная летопись растительной жизни, начиная от эпохи отступления ледника и кончая современной эпохой.

Для получения образца торфа пользуются прибором в виде трубки, при помощи которой можно взять сплошную колонку торфа — от поверхности болота до дна. В нижней части колонки находится пыльца первых растений, поселившихся на бесплодных моренах. В основном это пыльца тундровой растительности — ивы, ольхи и березы. Немного выше лежит пыльца глав-

* Палинология — наука, изучающая пыльцу и споры растений.

ным образом ели и сосны. Во всех слоях торфа смешаны пыльцевые зерна многих видов растений, но обычно преобладает один вид. Состав пыльцы точно указывает на главные изменения в составе лесов, отражающем в свою очередь климатические колебания. А время, когда эти разнообразные леса одевали землю, определяется измерением содержания C^{14} в торфе, в котором заключена пыльца.

Если отвлечься от хотя и многих, но незначительных колебаний климата, имевших место в послеледниковое время, то изучение пыльцы ясно показывает, что за последние 10—11 тысяч лет сменились три основных типа климата. Последовательность расположения пыльцы в болотах к югу от Великих озер свидетельствует о том, что со времени отступления ледника до периода, отстоящего от нас приблизительно на 9,5 тысяч лет, несмотря на то что температура воздуха повышалась, климат был прохладным и влажным. Об этом говорит преобладание ели и пихты в лесах. Затем последовал продолжительный более теплый и сухой период, от которого нас отделяет 2,5 тысячи лет. В это время ель и пихта уступили свое господство сначала сосне, а затем дубу. Но потом установился несколько более прохладный климат: количество сосны и ели снова стало увеличиваться, и с небольшими колебаниями это увеличение продолжается и поныне. Образцы пыльцы, взятые из болот на Британских островах, в Нидерландах, Северной Германии и в скандинавских странах, рисуют такую же картину изменений климата Европы после отступления фенно-скандинавского ледникового покрова, существовавшего одновременно с вальдерским в Северной Америке.

Конечно, смена лесов не означает, что виды деревьев повсюду уступают друг другу место в одинаковой последовательности. В северных районах Онтарио она, очевидно, была не такой, как в Колумбии и Огайо, но во всех случаях по пыльцевым зернам можно прочесть одну и ту же климатическую закономерность: прохладно, тепло и снова прохладно.

Что увидел бы человек, если бы можно было заснять с воздуха кинокамерой все, что происходило, скажем, с интервалами в 50 лет и больше в продолжение нескольких тысяч лет до наступления ледника в восточной части Северной Америки?

Сначала мы увидели бы окаймленный безлесной тундровой зоной край огромного ледникового покрова в северной части Онтарио и в Квебеке, а к югу от тундры — широкую темно-зеленую полосу ели и пихты, простирающуюся через южную Канаду. К югу от этих хвойных лесов проходит еще одна широкая полоса сосны и северных видов твердых пород — бука, клена и березы. По мере того как лед медленно ползет вперед, перемещаются и эти зоны растительности, никогда не смешиваясь, всегда оставаясь однородными.

Теперь кинокамера опускается вниз, чтобы снять крупным

планом, как происходит миграция леса. По мере охлаждения климата деревья на северной окраине полосы ели растут все медленнее и медленнее, и когда высокоствольная ель отмирает, ее место занимают карликовые ее экземпляры, а также ива и ольха. Наконец, погибают и карлики, ели уже больше нет, остаются только ива и тундровые растения. Итак, вся северная граница леса отодвинулась в более низкие широты; на южном пределе пояса ели благоприятный для нее климат тоже смещается дальше на юг, вытесняя сосну и северные твердые породы, которые в свою очередь вытесняют и замещают дубовые насаждения. Короче говоря, все, волна за волной, движется на юг: передний край ледника, снеговая линия, полоса ели, полоса сосны, животные и растения. Здесь и там, вследствие обильных местных снегопадов или благоприятных условий рельефа, край ледника выдается вперед через тундру, и прежде чем еловый лес успевал отступить, лед уже нагонял его, похоронив под собою вырванные с корнем деревья.

Наконец, когда ледник дополз до предела своего распространения, мы увидели бы, что огромный пояс ели, который теперь стал гораздо уже, чем до вторжения льда, простирается от штатов Мэриленд, Виргиния и Северная Каролина на запад через Теннесси и Арканзас до Скалистых гор, а полоса дубовых лесов отодвинулась до самой Флориды. И если бы на земле, которую теперь занимают Джексонвилл и Таллахасси, в то время обитали люди, они жили бы в таком же прохладно-умеренном климате, в каком теперь живут нью-йоркцы и филадельфийцы. На этом кончается первая часть нашего фильма.

Перейдем теперь ко второй части. Ее содержание отделено от содержания предыдущей части большим промежутком времени. Теперь мы видим, как гигантский ледник стал отступать и как из-под него вытекают огромные потоки талой воды. На север «в ногу» со льдом отодвигаются снеговая линия, границы ели, сосны, дуба и вечной мерзлоты. Назад, на родину своих предков движутся в благоприятной для них среде животные, выходцы из северных стран — мускусный бык и канадский олень, мамонты, лемминги, юнко и многие другие.

Вместе со снеговой линией лесá со своим животным населением не только смещаются на север, но и поднимаются вслед за ней в горы.

На более высоких горах реликты некоторых северных видов деревьев, которые раньше прошли наибольшее расстояние на юг, все еще цепляются за жизнь. Красная ель и канадская пихта на вершине Грейт-Смокиз Маунтинз представляют собой остаток обширного пояса ели, который в своем путешествии на север снова дошел до южной Канады. На склонах Грейт-Смокиз растут сосны и северные твердые породы. Высоко на одетых елью вершинах в течение нескольких тысяч лет в летнем воздухе разно-

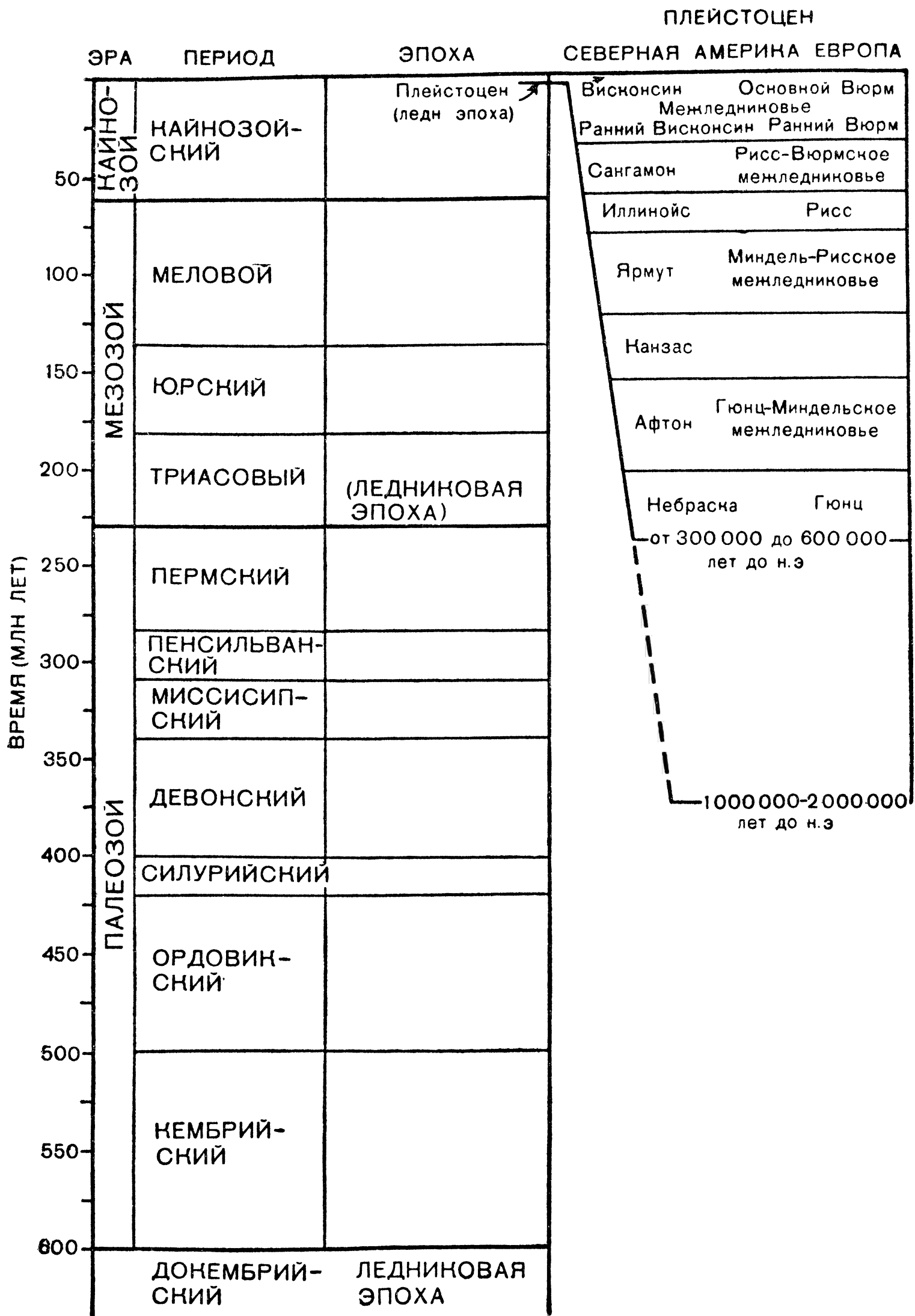
силась дикая мелодичная песня синеголового виреона, а в подлеске бесшумно порхала юнко, в то время как их ближайшие родственники летом жили в лесах северных районов Новой Англии и вокруг Великих озер.

На вершине горы Вашингтон в штате Нью-Гэмпшир до сих пор сохранилась тундра, представляющая собой очень интересный реликтовый островок этого типа растительности в восточной части Северной Америки, выдержавшая многовековой натиск ели, наступавшей на нее снизу. Подобные непрерывно сокращающиеся островки мы видим и на вершинах других гор, по мере того как главный тундровый пояс движется через Онтарио и Квебек, преследуемый лесной зоной. Большинство животных, которым раньше пришлось уйти, снова занимают свои прежние ареалы, хотя и не всем дано вынести этот длинный путь. Мамонту было не под силу пройти его, и он не вернулся домой. Где-то в период между началом отступления ледника и моментом, когда он достиг Гудзонова залива, мамонт исчез с лица Земли.

На этом кончается наш фильм. Что станет с границами леса — с полосами ели, сосны и дуба в будущем? За последние 100 лет они очень мало продвинулись вверх и на север. Чтобы узнать их дальнейшую судьбу, нам, конечно, пришлось бы заснять какую-то новую, третью часть нашего фильма.

Вернемся снова к периоду, охватывающему последние 10 тысяч лет. Вопрос о том, как назвать этот период, превратился для геологов в настоящую проблему, и чем мы больше узнаем об этом периоде, тем запутаннее становится положение. Теперь в ходу такие наименования: *последплейстоценовый*, *последвисконсинский*, *последледниковый*, *последвальдерский*, а ученые Геологической службы США упорно придерживаются названия *новый**. Все эти названия подвергались критике. Вряд ли можно сказать, что для Антарктиды, Гренландии или даже для значительной части юго-восточной Аляски наступил последледниковый период. Нынешний период, насчитывающий пока только 10 тысяч лет, значительно короче и не такой теплый, как последний большой межледниковый период эпохи плейстоцена. Поэтому как можно быть уверенным, что эпоха плейстоцена уже прошла? Профессор У. С. Купер, известный специалист в области дендрохронологии, сказал: «Чтобы полностью удостовериться в справедливости термина «последвисконсинский», необходимо подождать несколько тысяч лет». Для обозначения этого важного отрезка эпохи плейстоцена (он считает, что этот новый период является частью плейстоцена) профессор Купер предложил использовать термин «неотермальный», ранее придуманный Антевсом.

* Советские ученые чаще всего называют это время последледниковой эпохой.



Еще труднее достичь соглашения относительно названий трех стадий неотермального времени, особенно для его продолжительной средней части. Сейчас пользуются такими изобретениями словесной акробатики, как *ксеротермический*, *альтитермальный*, *мегатермальный* и *гипситермальный*, а менее искусственные творцы слов ввели для этой части геологического времени, в расцвете которого средняя температура воздуха, по-видимому, была на 2—3° выше современной, названия *последнеледниковый термический максимум* и *климатический оптимум*.

По каким-то причинам первая стадия неотермального времени, охватывающая период «потепления», когда температура поднималась, а ледяной покров отступал, не получила никакого названия. Хотя европейские стратиграфы опознали пыльцевые зоны, несомненно относящиеся к этому промежутку времени, было предложено единственное название *анатермальный*, которое обозначает весь период в целом.

На последние, наиболее близкие к нам, три периода неотермального времени создатели слов обратили почти столько же внимания, как на предыдущий более теплый и гораздо более продолжительный период. Были предложены названия *кататермальный*, *медитермальный* и даже *малый ледниковый* период, но в литературе часто встречается только последнее название, хотя, по сравнению с предыдущими ледниковыми периодами эпохи плейстоцена, увеличение ледников в это время было совсем незначительным. Впав в отчаяние, некоторые ученые просто называют этот период «последней третью послеледникового времени» или как-нибудь вроде этого. Чтобы не ограничиться одной только критикой предложенных названий, профессор Купер придумал термин *гипотермальный*. С другой стороны, профессора Иэльского университета Р. Ф. Флинт и Е. С. Диви, внесшие большой вклад в наши познания об эпохе плейстоцена, очевидно, не считают, что этот сравнительно короткий отрезок геологического времени требует особого обозначения.

Однако этот последний период имеет характерные черты, которые резко отличают его от предшествовавшего. Хотя в ответ на повышение температуры на Земле ледники в последние 100 лет сокращаются более или менее постоянно, они все еще остаются бóльшими, чем были в любое время после исчезновения последних остатков континентальных ледяных покровов Европы и Северной Америки. Анализ пыльцевых проб, взятых в Европе и Северной Америке, ясно показывает, что, судя по увеличению количества ели и, далее на юг, бука, климат в последние две-три тысячи лет был заметно прохладнее, чем в предыдущий, более длительный промежуток времени. Чтобы убедиться, насколько нынешний период (как бы вы его ни называли — гипотермальный, малый ледниковый век или как-нибудь иначе) отличается от гипситермального, необходимо рас-

смотреть особенности и события, характерные для упомянутого более теплого периода.

Из исследования образцов пыльцы видно, что в эпоху максимально теплого гипситермального климата лиственные леса распространились на север Европы и Северной Америки в районы, где сегодня слишком холодно, чтобы они могли там расти. В умеренных и субарктических зонах температура была на несколько градусов выше, чем теперь, а средняя годовая температура на Шпицбергене поднялась тогда над точкой замерзания.

В Альпах торфяные отложения и остатки лесов, которые расположены по крайней мере в 300 м над нынешней границей лесной растительности, свидетельствуют об относительной мягкости климата в гипситермальный период по сравнению с современным. Если граница леса была настолько выше, то и снеговая линия, должно быть, поднималась намного выше, чем теперь. Многие ледники, которые сегодня питаются льдом из фирновых полей, расположенных всего на несколько футов выше снеговой линии, не могли бы существовать в течение этих более теплых времен, а сегодняшние большие потоки льда почти несомненно были тогда значительно меньших размеров.

Такие же показания дает и Исландия. Часть территории, теперь скрытая под ледниковой шапкой Ватна-Йокуля, несколько тысяч лет назад была покрыта густыми лесами. Об этом свидетельствует то обстоятельство, что выводные ледники ледниковой шапки выдают на поверхность торф и стволы берез гораздо крупнее тех, какие растут в Исландии сегодня. Вероятно, в те времена фирновая линия на Ватна-Йокуле была почти на 300 м выше.

Доказательства соответственно более высокого положения снеговой линии мы найдем и во многих местах Северной Америки. С тех пор как более 150 лет назад ледники в Глейшер-Бей на Аляске начали интенсивно отступать, они обнажают остатки лесов, уничтоженных и частично погребенных моренами еще в то время, когда ледники предприняли свое последнее продвижение на широком фронте. У некоторых деревьев, от которых уцелели только раздавленные пни, насчитывается 300—400 годовичных колец. В гипситермальную эпоху ледников не было ни в Скалистых горах к югу от 49-й параллели, ни в горах Сьерра-Невады.

Геологам давно известно, что многие соленые озера Большого бассейна и других районов засушливого американского Юго-Запада имели когда-то значительно большие размеры, и что в те времена, когда лед покрывал континенты, существовало немало котловин, ныне высохших, которые вмещали озера, некоторые с пресной водой. Возникновению этих больших озер способствовали усиленные дожди и талые воды из ледников окружающих гор. В такие дождевые (плювиальные) эпохи в штате Невада было больше воды, чем в штате Миннесота сегодня.

Значительное пространство на северо-западе этого штата было занято так называемым озером Лахонтан. Неглубокие и очень соленые Карсон-Синк и озеро Пирамид (близ Рено) — все, что осталось от этого когда-то огромного водоема.

В Долине Смерти в Калифорнии — теперь это самое сухое и жаркое место в Северной Америке — существовало озеро, достигавшее более 160 км в длину. В этом озере и в реках, втекавших в него, жило несколько видов рыб.

Самым большим из плювиальных озер было Бонневиллское. Занимая котловину, в которой теперь находится его главный остаток — Большое Соленое озеро, эта огромная масса воды простиралась и в Неваду, и в Айдахо, а один из рукавов доходил почти до Аризоны. Было время, когда глубина озера Бонневилл равнялась 300 м; глубина современного Большого Соленого озера достигает только 9 м. В то время воды озера переливались через перевал Ред-Рок, втекая в Снейк-Ривер, а из нее через Колумбию в Тихий океан. На таком высоком уровне вода оставалась настолько долго, что волны смогли создать пляжи, береговые уступы и другие характерные черты береговой линии, которые теперь отчетливо выражены в рельефе гор, окружающих впадину Большого Соленого озера.

В конце концов все тогдашние озера исчезли, и в течение нескольких тысяч лет в этих засушливых районах почти не было постоянных масс воды. Благодаря потеплению климата в окрестных горах стало меньше снега, и это вызвало исчезновение ледников. Пласты соли, осажденной водами древнего озера Бонневилл, настолько крепкие и ровные, что теперь представляют одну из лучших в мире испытательных площадок для скоростных автомобилей. Радиоуглеродное датирование известняка, отложившегося в усыхающих озерах, показывает, что наибольшая сухость климата приходится на гипситермальную эпоху.

Когда вновь наступило похолодание, в горах увеличилась аккумуляция снега, зародились нынешние ледники и образовались озера. Судя по содержанию соли в озерах и по скорости, с какой соли привносятся в озера сегодня, ученые пришли к заключению, что эти новые озера не могли появиться раньше, чем 3—4 тысячи лет назад. Таким образом, их появление очень близко совпадает с наступлением прохладного периода (о чем свидетельствуют также анализы пыльцевых проб, взятых в других местах), который продолжается с небольшими колебаниями до наших дней.

Во многих местах на побережьях морей и океанов остались следы прежней береговой линии, которая находится в 1,5—1,8 м над нынешним уровнем моря — обточенные волнами скалы, террасы и пляжи. Кое-где на берегах тропических морей, на 1,5—1,8 м выше уровня моря, обнажаются осушенные коралловые рифы. Эти особенности берегов настолько широко распро-

странены, а высота, на которой они встречаются, так единообразна, что напрашивается единственный возможный вывод: все они были образованы в не очень далеком геологическом прошлом, когда уровень Мирового океана был несколько выше современного. А последнее объясняется тем, что климат был теплее, ледники и ледниковые шапки таяли и талой воды было достаточно, чтобы уровень моря поднялся на такую высоту.

На некоторых пляжах обнаружены погребенные в песке раковины моллюсков, которые показывают, что при жизни этих моллюсков вода была теплее, чем теперь. Это особенно справедливо для северных широт, где изменение температуры на несколько градусов влияет на жизнь животных гораздо сильнее, чем в умеренных и экваториальных зонах. Некоторые виды моллюсков, обитавших прежде у древних берегов Канадского архипелага и вдоль побережья Северной Атлантики, погибли, так как вода стала слишком холодной. По той же причине другие виды уменьшились как по величине, так и по численности. Но если воздух и вода в северных морях были некогда такими теплыми, как об этом нам говорят ископаемые раковины и пыльца, можно почти с уверенностью сказать, что в Северном Ледовитом океане не было пакового льда.

Итак, нынешний период, охватывающий почти три тысячи лет, характеризуется таким понижением температуры, при котором усилившееся накопление снега вызвало к жизни новые тысячи горных ледников там, где их не было в течение нескольких тысячелетий до этого. В этот период образовались озера в засушливых долинах американского Запада, Мексики, Азии и других районов Земли; под влиянием климатических изменений происходила миграция растительности и животного мира, понижался уровень моря и в Северный ледовитый океан вернулся ледяной покров.

По сравнению с изменениями, какие имели место раньше, в начале эпохи плейстоцена, описанные перемены невелики. Но этот самый близкий к нам геологический период оставил свои следы в рельефе, и его ясные записи занесены и продолжают заноситься в Книгу Торфа. Даже если сейчас мы и приближаемся к его концу — а последние 100 лет дают нам основание сделать такое предположение, — записи этого времени останутся, и когда-нибудь исследования археологов и геологов расскажут, как повлиял плейстоцен на жизнь всего земного шара, включая и жизнь человека.

ЧТО БЫЛО ДО НЕОТЕРМАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ?

Задолго до того как были написаны научные трактаты о ледниках, швейцарские крестьяне знали, что альпийские глетчеры в более ранние времена были гораздо обширнее и покрывали пространства, которые уже давно заняты фермами и деревнями. Может быть, именно кто-нибудь из этих людей первым подал

ученым мысль о ледниковой эпохе. Ведь они не раз видели, как ледяные потоки двигались через их поля и поселения, как надвигающиеся массы льда сдирали почву, шлифовали валуны, а отступив, оставляли после себя углубления на разрушенной поверхности своей бывшей постели. Горцы, должно быть, понимали, что участки долин, лежащие на много километров ниже концов ледников и обладающие характерными формами гляциального, как мы его сейчас называем, рельефа, тоже подвергались когда-то воздействию ледников.

Первое подробное изложение теории ледникового периода было сделано в докладе, прочитанном инженером Ж. Венецем на заседании Швейцарского Общества в 1821 году. Тремя годами позже норвежский геолог Иенс Есмарк опубликовал работу, где он не только выдвигает идею, что норвежские горы были когда-то покрыты ледниками, но что эти массы льда образовали также фьорды. Ни Венец, ни Есмарк не приобрели особенно много сторонников. Но в 1834 году, после того как Венец пришел к заключению, что ледники покрывали всю Европу и Альпы, другой швейцарец, Жан де Шарпантье, поддержал его точку зрения и представил новые доказательства, подтверждавшие этот взгляд.

Доклад Шарпантье привлек к себе заметное внимание, особенно со стороны скептически настроенного Жана Луи Родольфа Агассица. Летом 1836 года Агассиц с целью убедить своего коллегу, что его ледниковая теория несостоятельна, отправился вместе с ним в долину верхней Роны, чтобы исследовать ледники и морены. В результате этой поездки Агассиц полностью перешел на сторону Шарпантье. С тех пор его уже нельзя было сдерживать. Вскоре перед его мысленным взором встала картина огромного ледникового покрова, раскинувшегося от полярных районов до Альп и Центральной Азии.

В 1837 году Агассиц высказал свои идеи о ледниковой эпохе перед швейцарским Обществом, а в 1840 году изложил их в книге «*Etudes sur les glaciers*» («Очерки о ледниках»). «Очерки» вышли за год до того, как его друг Шарпантье, который первый подал Агассицу мысль о существовании ледниковой эпохи, опубликовал свою книгу по этому вопросу. Однако ни Агассиц, ни Шарпантье не были первыми, кто написал об огромном ледниковом покрове Северной Европы. Первым сказал об этом немецкий профессор А. Бернгарди, специалист по лесоводству, в статье, опубликованной в 1832 году. Но, как иногда случается, его работа почти не привлекла к себе внимания, и только через много лет ей воздали должное. Теории Венеца, Агассица, Шарпантье и Бернгарди кажутся особенно замечательными, если принять во внимание, что они были предложены до того, как был исследован хотя бы один ледниковый покров.

Ледниковая теория получила распространение благодаря эн-

тузиазму Агассица. Он выступал в Великобритании, затем в Америке, где, путешествуя по Новой Англии и штатам в районе Великих озер, видел разбросанные валуны и морены, служившие доказательством того, что Америка, как и Европа, пережила ледниковую эпоху.

Хотя некоторые выдающиеся ученые, в том числе Чарлз Дарвин, с самого начала были убеждены в правоте Агассица, ледниковая теория получила всеобщее признание в Англии и Америке только после Гражданской войны.* Некоторые возражения против нее высказывались вплоть до начала нынешнего столетия.**

Еще в то время, когда бушевали споры, геологи нашли, что имело место не одно, а несколько оледенений и что каждое из них отложило характерную для него морену. Период развития этих оледенений получил название плейстоцена, или ледниковой эпохи. Различают четыре стадии в этой эпохе, получившие для Америки следующие названия (от более старой к более новой): *небраскское* оледенение, *канзасское*, *иллинойское* и *висконсинское*. Пятое оледенение — *айовское* — некоторыми рассматривается как самостоятельная стадия, а другими — как подстадия висконсинского оледенения.*** Из названий оледенений видно, что Средний Запад был местом, где первые геологи, занимавшиеся изучением и описанием ледниковых наносов, вели наиболее активные исследования.

Небраскский ледниковый покров нигде не продвинулся дальше канзасского, поэтому единственные свидетельства его распространения погребены под более поздними отложениями. Где бы мы их ни находили (а есть много мест, где более позднее оледенение не уничтожило их), небраскские отложения выветрены значительно сильнее, чем любые другие, которые остались от более поздних ледниковых периодов.

Хотя каждый следующий более молодой ледниковый нанос (морена) носит более слабые черты выветривания, чем его непосредственный предшественник, то обстоятельство, что все морены, отложенные до висконсинского оледенения, сильно изменены выветриванием, является несомненным признаком существования длительных (в десятки тысяч лет) перерывов между оледенениями, в течение которых климат становился теплее и ледниковые покровы исчезали. В теплые межледниковые стадии земля покрывалась растительностью, а процесс выветривания

* Гражданская война в США (между северными и южными штатами) происходила в 1861—1865 гг.

** Отдельные исследователи, вопреки очевидным фактам, до сих пор отрицают существование покровных оледенений четвертичного возраста.

*** Названия оледенений на Русской равнине (от более древних к более новым): ярославское, лихвонское, днепровское и новочетвертичное, в котором, в свою очередь, выделяют оледенения (или стадии): московское, калининское и валдайское.

способствовал образованию слоя почвы на самых молодых ледниковых отложениях и утолщению этого почвенного слоя на более старых наносах.

В Северной Америке все четыре оледенения охватывали в основном одну и ту же территорию. Однако граница висконсинского оледенения в большинстве мест продвинулась немного дальше, чем граница других ледниковых покровов, и поэтому его отложения затемняют картину распределения более древних морен. Но между Индианой и Дакотой висконсинская морена не доходит на 320 км до границ предшествующих оледенений. Висконсинская валунная глина — наиболее свежая, наименее выветрелая, не покрытая никакими другими моренными отложениями, поэтому мы знаем о висконсинском оледенении гораздо больше, чем о других.

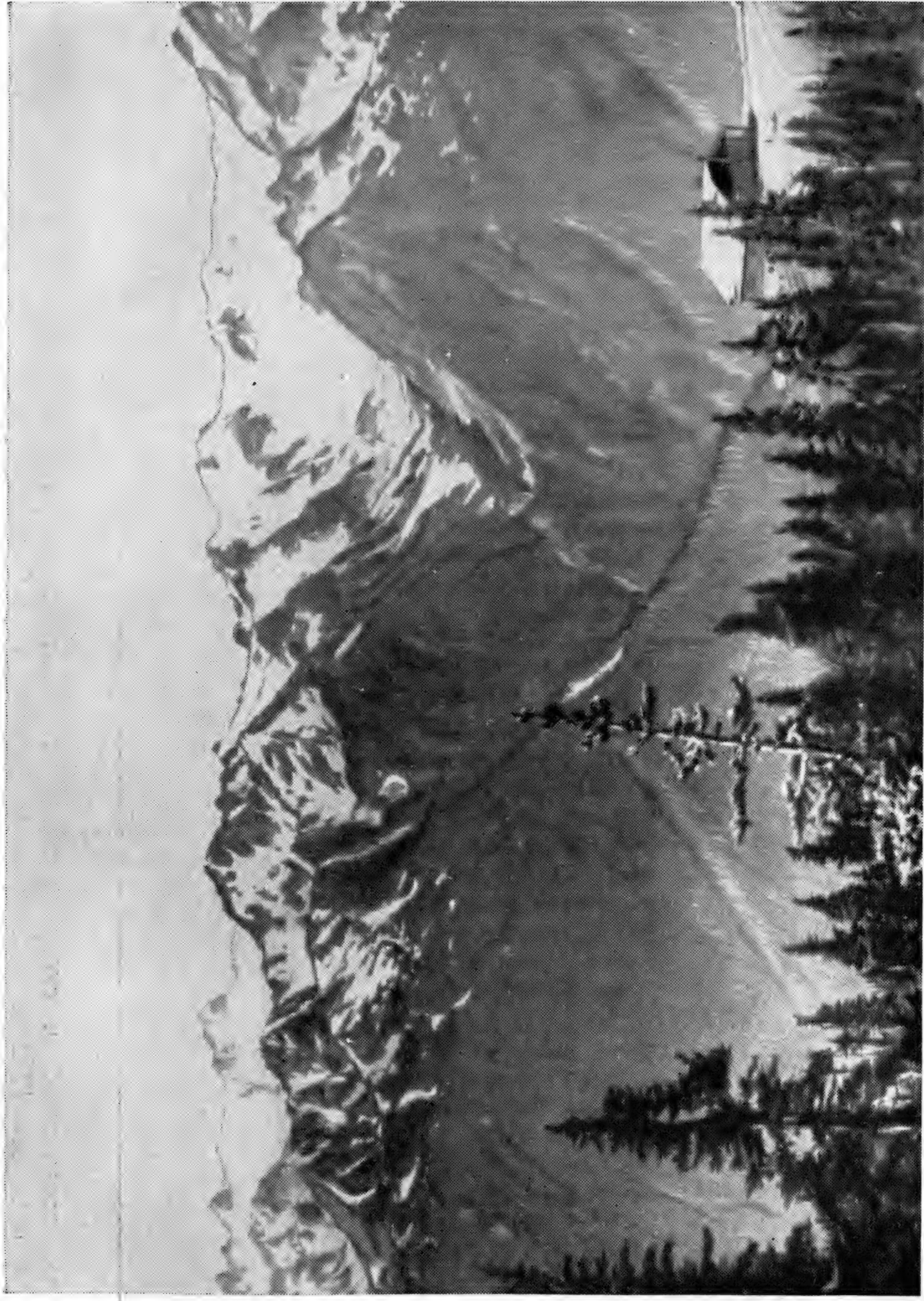
В Америке межледниковым стадиям, подобно ледниковым, присвоены имена городов Среднего Запада. Теплый период, наступивший за небраскским оледенением, получил название *афтонской* межледниковой стадии. *Ярмутская* стадия пришла на смену канзасского оледенения, а вслед за иллинойской стадией наступила *сангамонская*.

На Европейском континенте ледники наступали и убывали одновременно с североамериканскими.* Для обозначения ледниковых стадий в различных частях Европы употребляются различные названия, в частности, для Альп приняты следующие (в порядке убывания возраста): *гюнц*, *миндель*, *рисс* и *вюрм*. В вюрмское время ледники наступали дважды. Одна из этих фаз соответствует айовскому оледенению в Америке.

С помощью радиоуглеродного метода можно датировать события всего висконсинского (вюрмского) времени, которое началось около 70 тысяч лет тому назад. Оно включало несколько колебаний ледниковых покровов. Последнее большое наступание льда этого периода пришло к концу, когда (18—20 тысяч лет назад) североамериканский ледниковый покров достиг южной части Огайо.

Мы даже располагаем довольно точной картиной скорости продвижения этого последнего большого ледника. Ледник надвигался не очень быстро. Он достиг окрестностей Кливленда около 25 тысяч лет назад, а на то, чтобы распространиться на юг через Огайо, ушло еще 5 тысяч лет. В северном Огайо ледник проходил по несколько сот футов в год. Когда он приближался к пределу своего распространения, т. е. к месту, где теперь находится город Цинциннати, скорость его уменьшилась приблизительно до 12 м в год, т. е. в течение одной человеческой жизни он одолевал расстояние менее чем 800 м.

* Это неточно. Полного хронологического совпадения ледниковых и межледниковых эпох на разных территориях не было. Оттого попытки синхронизации оледенений разных стран носят несколько условный характер.



Снеговая линия в Олимпийских горах (Вашингтон). Как и повсюду, это неясно очерченная зона разбросанных снеговых полей и ледниковых наносов. Область выше снеговой линии, за исключением крутых или выметенных ветром поверхностей, постоянно покрыта снегом и ледниками. Слева — покрытая ледником гора Олимп.



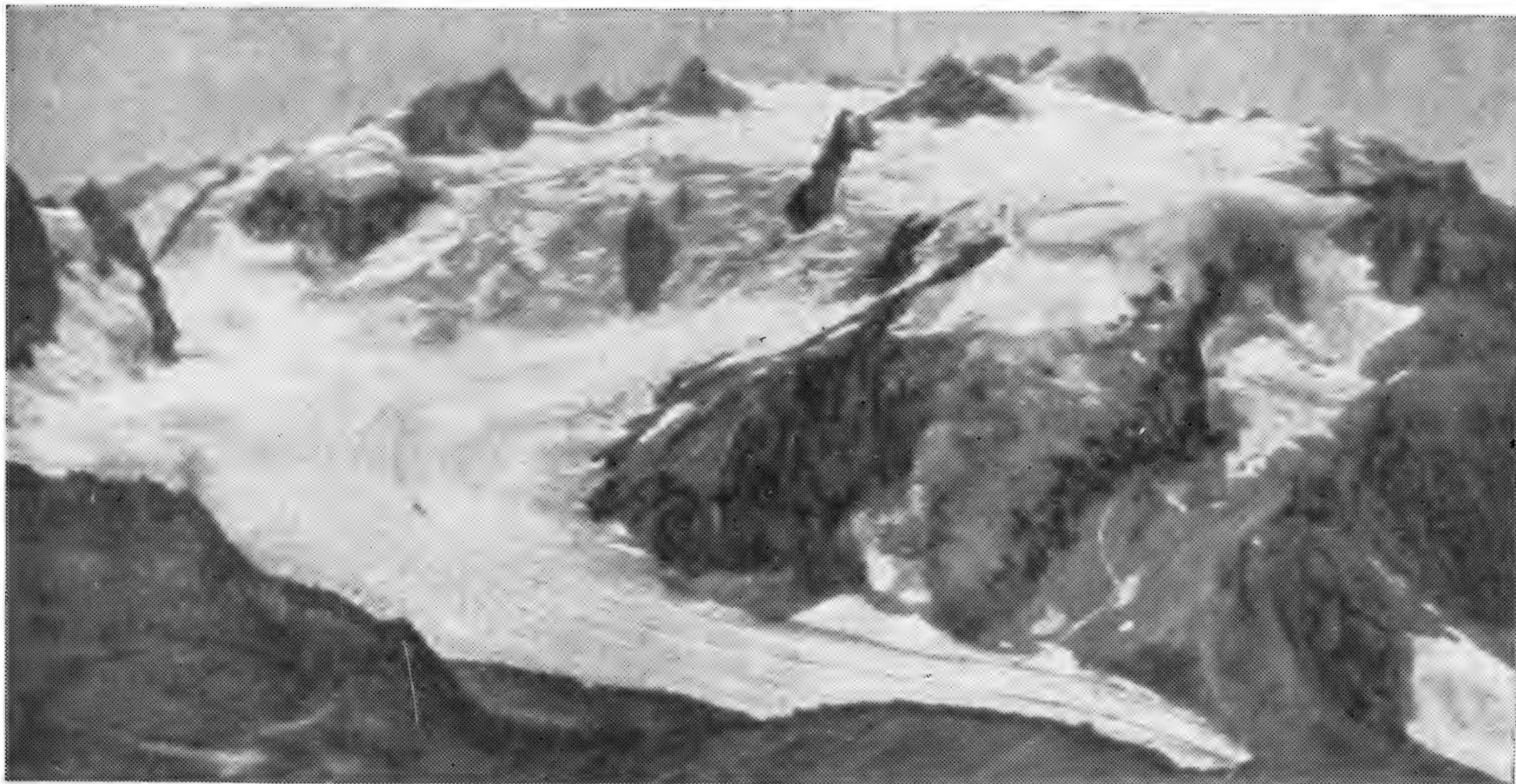
Поезд «Город Сан-Франциско», застрявший в снегу западнее перевала Доннера во время сильной снежной бури в январе 1952 года. Здесь выпадает гораздо больше снега, чем во многих районах, покрытых ледниками. Однако благодаря длинному и сухому лету снеговая линия лежит выше гор.



Ледниковый период в полном разгаре. Высокие пики горной цепи Королевы Мод в Антарктике (нунатаки) выделяются как островки в море льда и снега. Через эту горную цепь течет большой выводной ледник. Затем, повернув вправо, он спускается к морю Росса. Вид в сторону высокого Полярного плато.



Слои снега и фирна в стене трещины, перекрытой снежным мостом. Ледник Верхний Сьюорд в горной цепи Св. Ильи (Аляска). Темные полосы — границы годовых слоев накопления снега; видна аккумуляция за пять лет. На глубине 30—60 м от поверхности снег превращен в ледниковый лед.



Гора Олимп. Лед из нескольких цирков спускается разбитым многочисленными трещинами ледопадом, образуя Голубой ледник длиной в 3 км. Этот ледник — один из нескольких ледниковых потоков, радиально растекающихся с горы.

Пробившись через брешь в Тейлор Драй Вэлли около пролива Мак-Мёрдо (Антарктика), ледник Коммонуэлс разливается в виде плоского щита, образуя предгорный ледник.





Ледник Гарриман (длиной 11 км) и питающие его притоки (Чугачская горная цепь, Аляска). Слева несколько висячих боковых долин, наполненных льдом. Полуторакилометровый конец ледника, обламываясь по трещинам, дает начало айсбергам, которые дрейфуют по водам фьорда Гарриман.



Ледник Дельта и его притоки — типичный пример сложного долинного ледника. Главный ледник испещрен полосами срединных морен, образованных слиянием боковых морен ледников-притоков. (Аляска, 160 км юго-восточнее Фэрбенкса.)



Западная часть предгорного ледника Маляспина у подножия горной цепи Св. Ильи. На заднем плане в центре — ледник Агассиц. Вследствие неравномерного движения льда в леднике Сьюорд, входящем справа, полосы моренных отложений на льду искривлены.



М. Е. Битти осматривает остов горного барана, пролежавший во льду ледника Ляйелл (Йосемитский Национальный парк) не менее 200—300 лет и затем вытянувшийся на поверхность.



Прекрасно выраженные морены отступления, образованные ледником Илиамна, когда его конец лежал на побережье залива Тукседни. Все эти концентрические моренные гряды прорваны водными потоками, несущими флювиогляциальный материал.



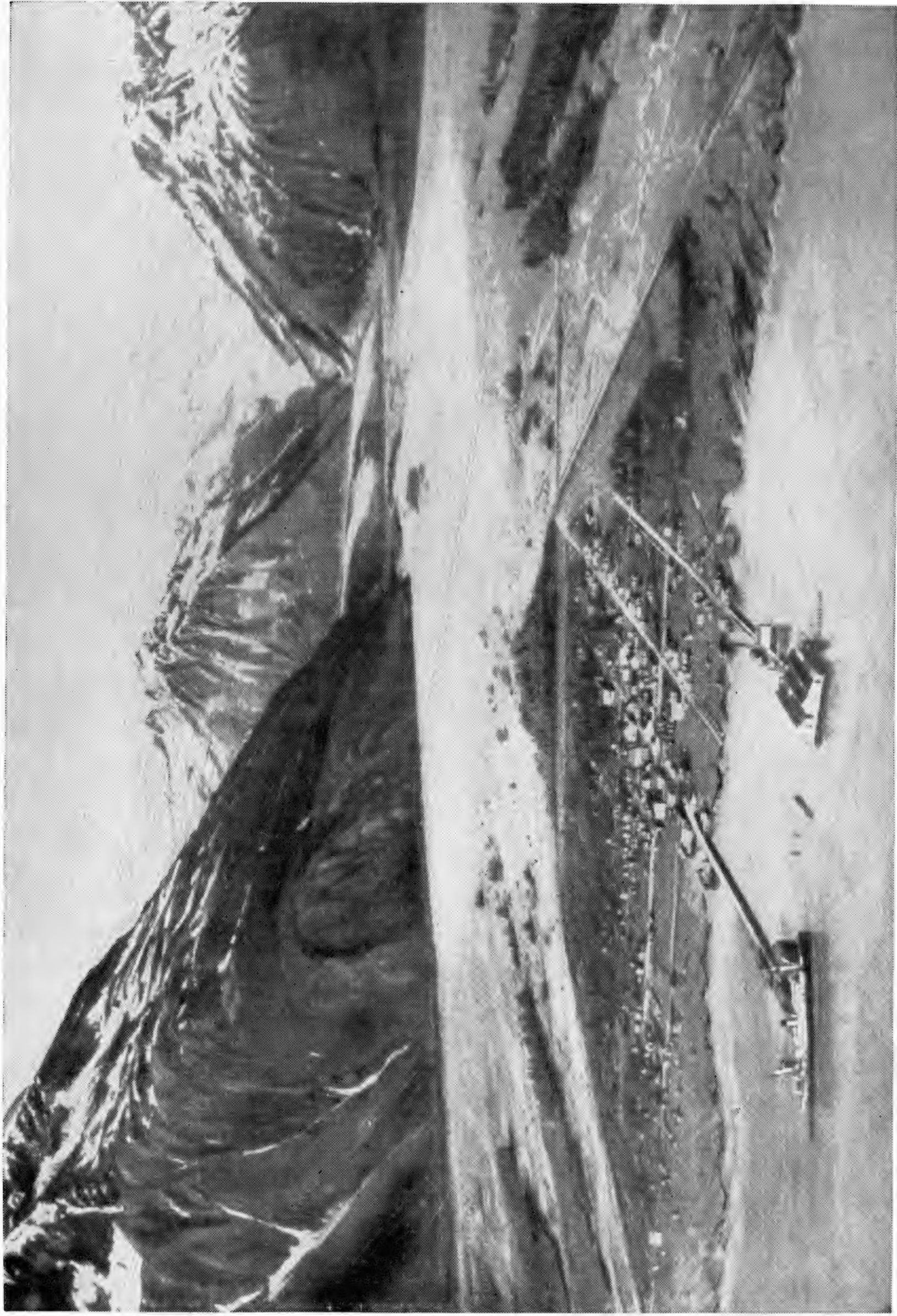
Ледник Шоуп, снятый сверху (Чугачская горная цепь около Вальдеса, Аляска). В местах, где ледник делает изгиб на 130° , много трещин, но срединные морены, повторяющие изгиб, нарушены незначительно. Направление движения ледника — в сторону нижней рамки рисунка.



Автострада в долине реки Медной идет по заброшенному железно-дорожному полотну из Кордовы до моста у ледника Чайлдз. Ледник лежит в 800 м от моста. В 1911 году ледник продвинулся до деревьев, росших у северного конца моста, и остановился всего лишь в 400 м от него.



Система срединных морен на леднике Барнард в горах Св. Ильи — одна из самых красивых, которая когда-либо была сфотографирована. На главном леднике каждый приток представлен своей мореной. Морены на притоках свидетельствуют, что у каждого притока есть, в свою очередь, свои притоки.



Дамбы защищают порт Вальдес от занесения его флювиогляци-
альными осадками, поступающими с ледника Вальдес. По мере увеличения
поступления наносов плотину приходится поднимать все выше и выше.
Этот ледник служил дорогой, по которой многие тысячи золотоискателей
проникали во внутреннюю Аляску в 1898 году.



«Ледниковый стол» на Мер де Гляс. Валун защитил находящийся под ним лед от солнечных лучей. Когда-нибудь он соскользнет со своего пьедестала, который затем быстро растает. Вертикальные структуры во льду — это полосчатость, образованная течением и скалыванием льда внутри ледника.



«Грязевый конус» на леднике. Там, где поверхность льда защищена от солнца слоем каменных обломков (мореной), она образует бугор, в то время как чистый лед кругом тает. Часть моренной оболочки конуса удалена.



Ледниковые штрихи и борозды на подстилающей породе. Ледник двигался справа налево, шлифуя обращенную к нему сторону скалистого препятствия и отщепляя куски породы от противоположной его стороны.

Висячие долины, заполненные льдом. Ледники Маркетт и Белуа крутыми каскадами льда падают в воды залива Блэкстон. На заднем плане — хорны, почти погребенные подо льдом. Горы Кенай, Аляска.





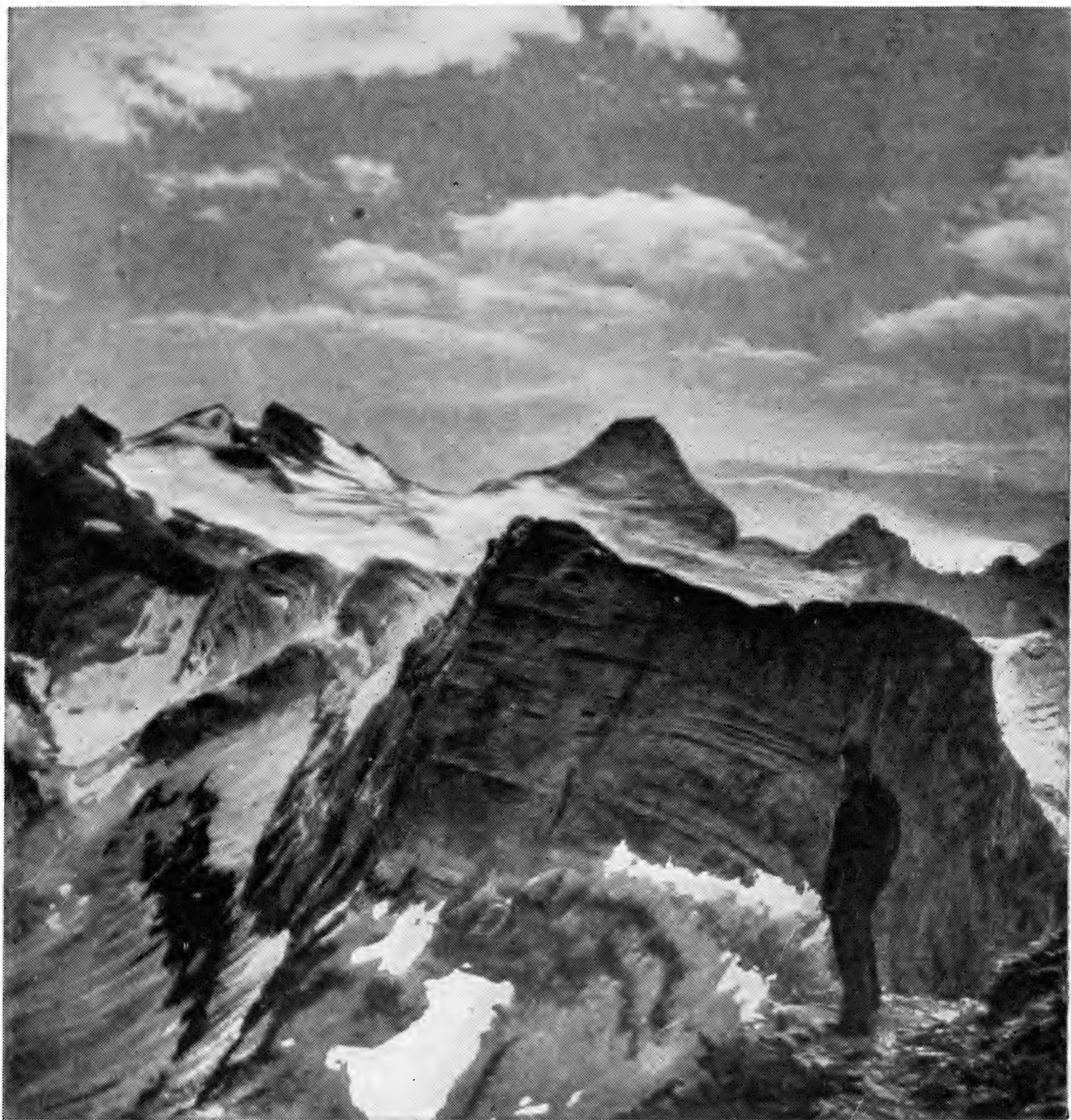
Цирки, наполненные льдом. Западная ветвь ледника Большой
Алеч (Швейцарские Альпы). В левом цирке, в том
месте, где ледник оттекает от стенки цирка, хорошо видна
краевая трещина, или бергшрунд.



Пустой цирк. Стенки высотой почти 1300 м окружают живописный цирк Айсберг (Ледниковый Национальный парк, штат Монтана). До 1920 года на дальнем конце озера шириной в 1,5 км лежал ледник, конец которого обрывался ледяным уступом высотой 70 м. Десять тысяч лет назад толщина льда здесь превышала 600 метров.



Пустые висячие долины. Десять тысяч лет назад в Ледниковом Национальном парке (штат Монтана) лед падал каскадами с висячих долин точно так же, как это происходит сегодня с ледниками Маркетт и Белуа. Великолепные хорны подчеркивают ледниковый характер ландшафта.



Хорны — вид сверху. Следы грандиозной скульптурной работы ледника вдоль главного водораздела горной цепи Льюис. (Ледниковый Национальный парк, штат Монтана.)
С хорна свисает небольшой ледник (слева от центра).



Восьмиместный «Пилатус Портер» взлетает с фирна. (Плато Триен, Валэ, Швейцария.) В отдалении видны рассекающие ледник краевые трещины, частично заполненные снегом.

Ледник Руфь у входа в Большое Ущелье, в 29 км от вершины горы Мак-Кинли. Лед, достигающий, вероятно, более 300 м толщины, откалывает большие глыбы породы со склонов долины. Поверхность ледника покрыта множеством трещин, скрытых под глубоким снегом.





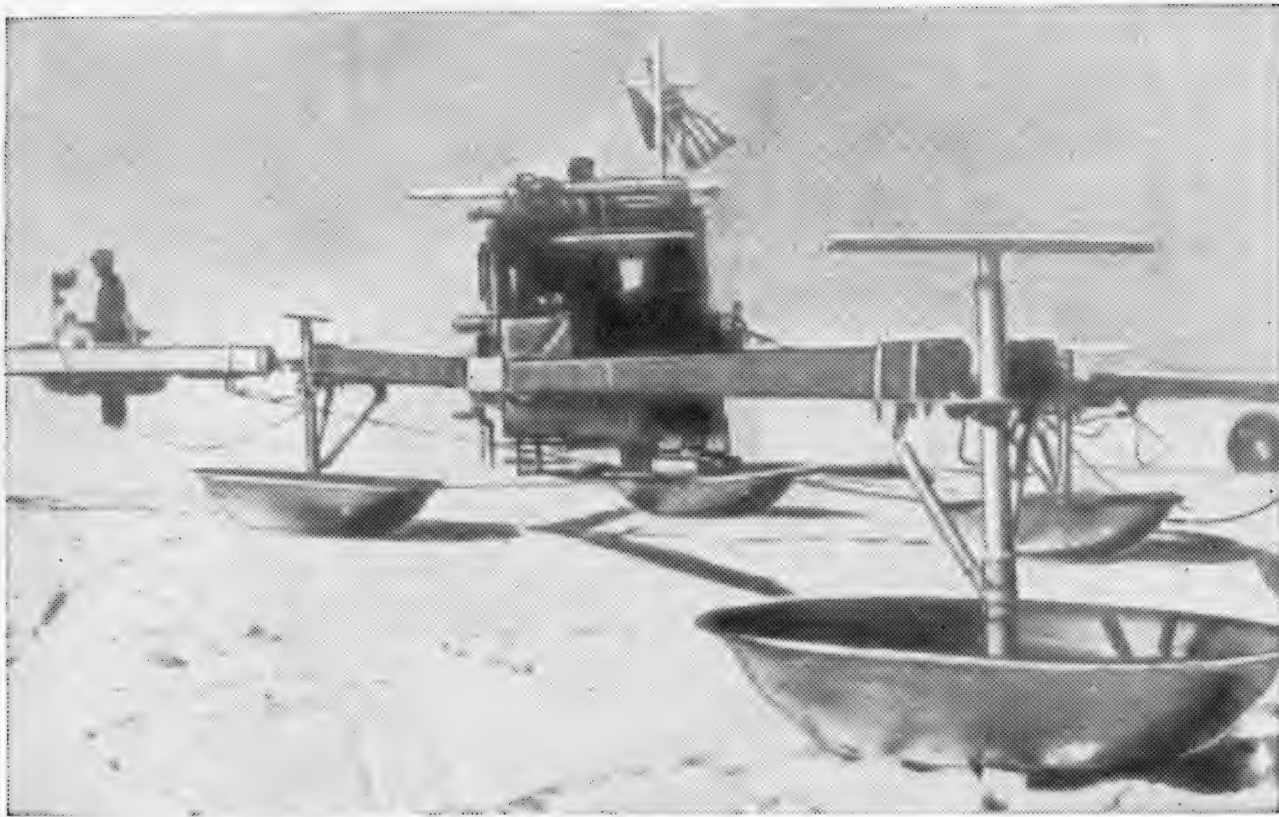
Озеро Джордж, длиной 22 км, самое большое подпруженное ледником озеро на Аляске. (Чугачские горы, близ Анкориджа.) Образовано талыми водами, текущими из ледника Ник (на переднем плане) и двух других больших ледниковых потоков. В конце лета воды озера разливаются бурным потоком, прорезая канал между ледником и горой (внизу справа). Зимой ледник закрывает канал, снова подпруживая озеро.



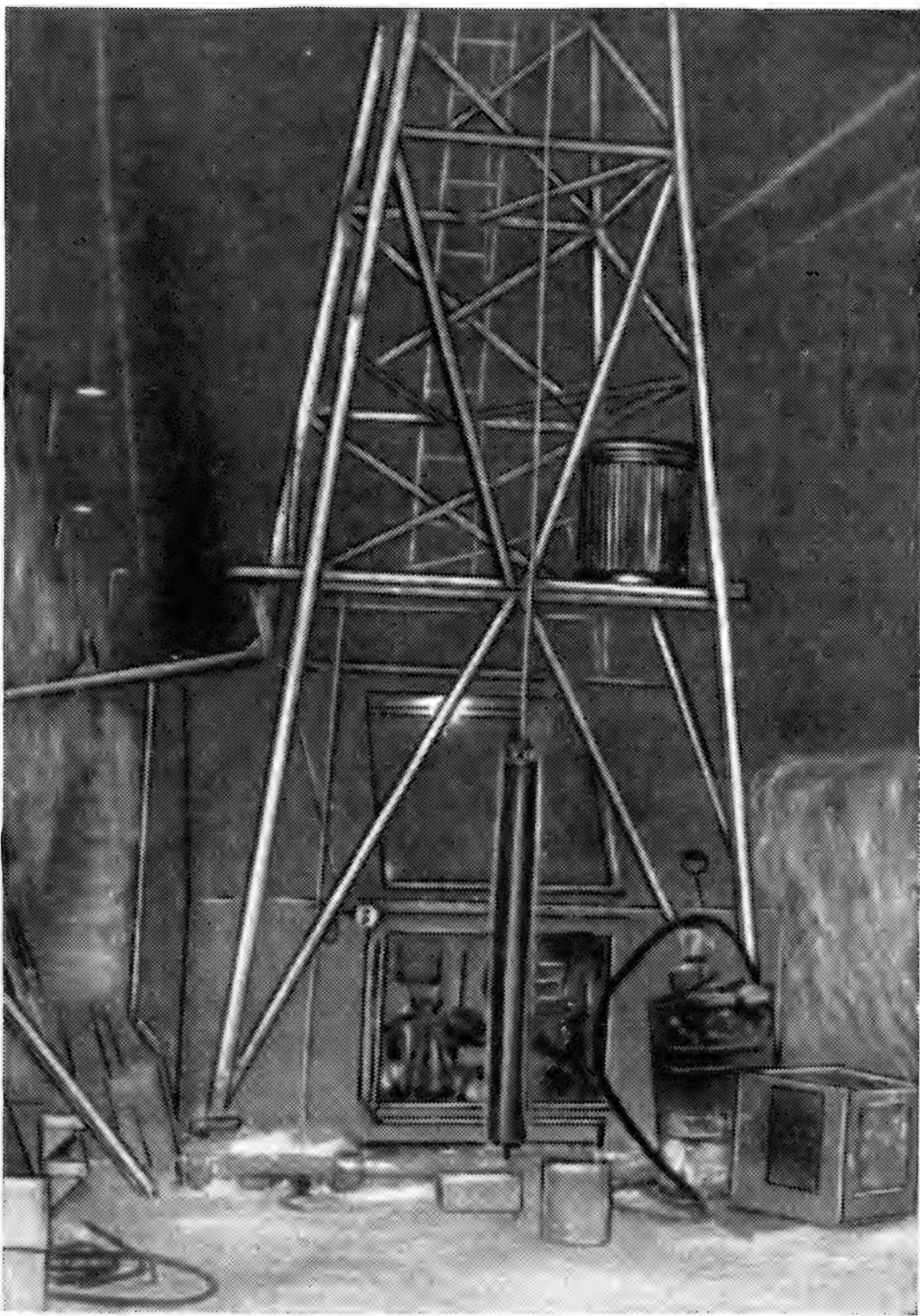
Это подпруженное льдом озеро (справа от ледника Тана, Аляска) образовалось, когда приток ледника отделился от главного в результате отступления.

От ледника Майлз только что отделился айсберг. Трещины, расширенные таянием и пересекающие лед на глубину до 30 м, превратили здесь ледник в море сераков.





Чашкообразные электроды трещиноискателя. Военно-морская исследовательская группа США в пути между станцией Литл-Америка (МГГ) и станцией Бэрд.



Термический бур в одной из крытых «улиц» Лагеря Века (Гренландия).



Извлечение столбика льда из цилиндра термического бура. Этот аппарат успешно пробурил лед на глубину более 300 м, взяв пробу льда, возраст которого более 10 тысяч лет.



Слои фирна в трещине. В резиновые трубки и ведра собирается талая вода.

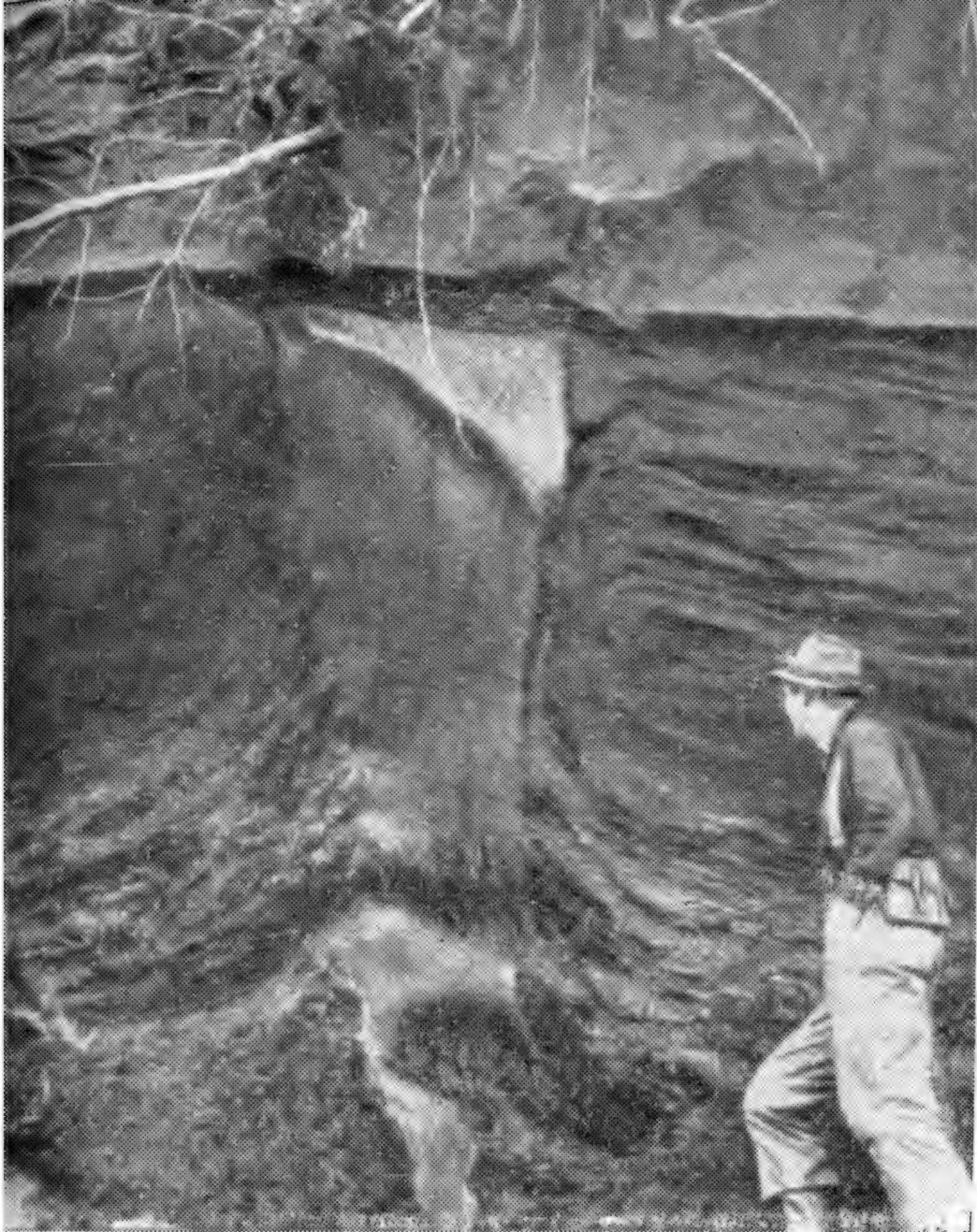
Ледяные волны на шельфовом леднике острова Элсмир, достигающем здесь более 15 км ширины, образованы грядами высотой всего лишь несколько футов, но шириной в несколько сотен ярдов. Возможно, их возникновение вызвано движением ледников, когда шельфовый ледник был обширнее, или давлением морского льда и действием приливов. Талая вода (темная) стоит во впадинах между грядами.



Столовые антарктические айсберги могут подниматься более чем на 30 м над паковым льдом. Здесь несколько айсбергов застряло в неподвижном морском льду, отделенном от дрейфующего льда широким разводьем. (Побережье Земли Виктории, Антарктида.)



Найденный на Аляске детеныш мамонта, пролежавший в земле 21 000 лет. Только хобот, шкура с части головы и одна передняя нога были извлечены из замерзшей земли близ Фэрбенкса, Аляска. Хранится в холодильнике в американском Музее естественной истории.

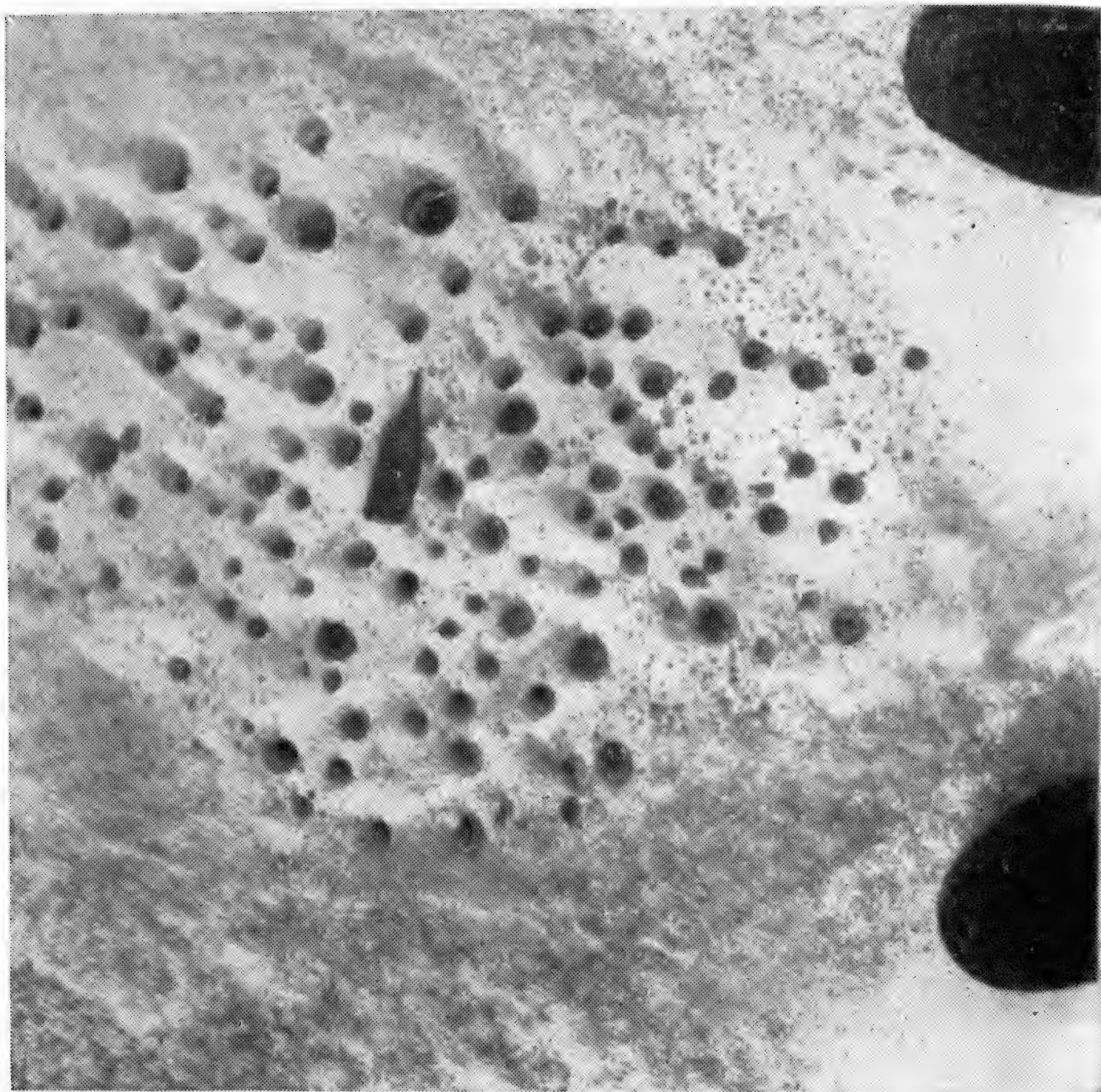


Ледяной клин в мерзлой земле, обнаруженный во время работ на прииске (Вильбур-Крик, Аляска). Такие клинья, вероятно, соединяются, образуя подземные ледяные соты.

Полигональные грунты в районе вечной мерзлоты в дельте реки Икпикпук примерно в 100 км юго-восточнее мыса Барроу, Аляска.



Группа криоконитовых лунок (водорослевых ямок) в Гренландии. Тепло от живых водорослей растапливает лед, заставляя колонии водорослей погружаться глубже в поверхность ледника.



Отступление ледника Колумбия (пролив Принца Уильяма, Аляска). На свежей морене (на переднем крае) растения еще не появились. 1931 год.





Двадцать шесть лет спустя ива и ель стали покрывать морену. Растительность во впадине на переднем плане — первая стадия образования торфа. Справа видна граница между старым и новым лесом. 1957 год.

Ледник Эммонс (на горе Рейнир) оставил заметную линию в том месте, где его край отступил от старого леса. Нижняя часть ледника покрыта толстым слоем морены, на которой скоро начнет расти новый лес.





Ледник Мирс, наступающий на старый лес. Поваленные деревья и множество их обломков смешиваются с моренным материалом (на переднем плане). (Пролив Принца Уильяма, Аляска.)

Границы леса на побережье бухты Литуя, Аляска. Снимок сделан в 1953 году. Очень хорошо видна самая низкая линия, созданная гигантской волной в 1936 году. Менее заметна линия, оставленная гигантской волной 1853—1854 г. (отмечена стрелкой).





Взятие среза у ели, поваленной наступавшим ледником Хоул-ин-Уолл (залив Таку, Аляска). Около ели — типичная конечная морена, сложенная валунной глиной.

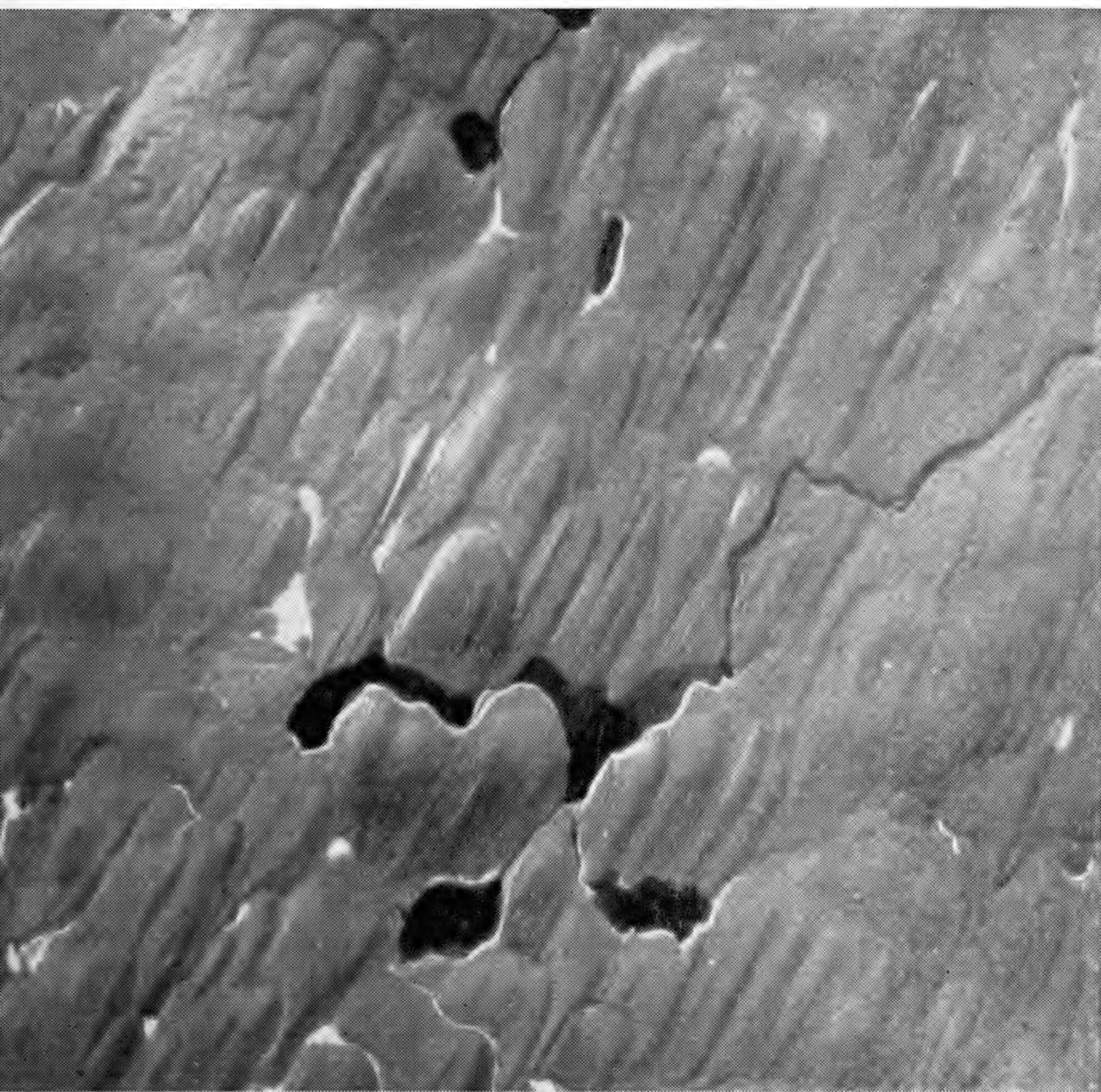


Потребовалось около 150 лет для образования этих ленточных глин в бывшем ледниковом озере около пролива Поджет (штат Вашингтон). Слои ленточных глин обычно гораздо тоньше этих. В течение года отлагаются два слоя.

Пляжи вдоль прежнего ледникового озера, занимавшего котловину озера Гурон несколько тысяч лет тому назад. (Снимок с воздуха.) Теперь они лежат высоко над уровнем моря. Растительность песчаных пляжей отличается от растительности в понижениях между ними. (Графство Гурон, штат Мичиган.)



Вид сверху на плотно прилегающие друг к другу друмлины в Канаде. Хорошо обозначается направление, в котором двигался ледник (от правого верхнего угла снимка к левому нижнему).

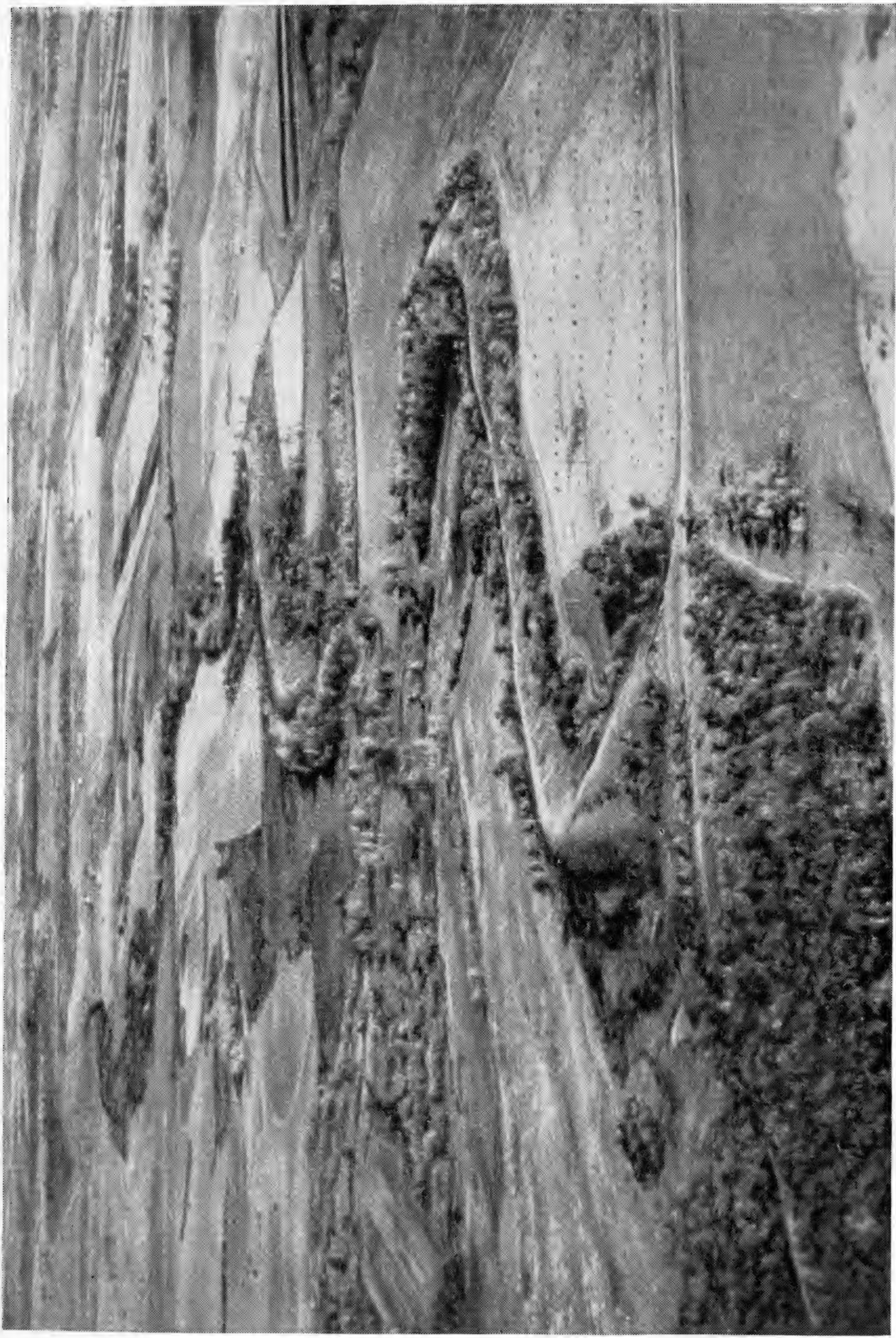




Два друмлина в графстве Уэйн (штат Нью-Йорк). Как у большинства друмлинов, у этих двух самый крутой склон обращен в ту сторону, откуда ледник двигался, — в этом случае справа (с севера).



Конечная морена севернее озера Онтарио. Она была отложена между двумя лопастями ледникового покрова.



Оз — длинная, нередко извилистая насыпь из песка и гравия, отложенная потоком талой воды на неподвижном леднике или над ним. Этот оз в несколько миль длиной находится в Форт-Рипли (штат Миннесота). Некоторые из многочисленных озов в штате Мэн имеют 65 км в длину.

На поверхности тилла, оставленного ледниковым покровом, находятся отложения и торфяные болота, которые, если только мы правильно расшифровываем записи, оставленные природой, рассказывают нам о скорости, с какой ледниковый край отодвигался на север, откуда он пришел. Интенсивное отступление, начавшееся около 18 тысяч лет назад, шло с большей скоростью, чем наступание. * Через шесть тысяч лет после начала отхода передний край ледникового покрова был готов к тому, чтобы сделать свой предсмертный бросок за пролив Маккинак, в 800 км севернее. Отступление перемежалось, однако, несколькими более мелкими подвижками вперед, о которых мы теперь можем судить по конечным моренам.

Итак, благодаря радиоуглероду и ленточным глинам можно датировать события висконсинского оледенения и даже некоторые, имевшие место в предшествовавшую ему межледниковую эпоху. Что же можно сказать о более ранних оледенениях — иллинойском, канзасском и небраскском, которые оказались недоступными для радиоуглеродного метода? Долгое время на основании различных соображений геологи исчисляли продолжительность эпохи плейстоцена в один миллион лет. Но теперь, когда благодаря применению радиоуглеродного метода возраст висконсинского оледенения уменьшился и оно приблизилось к современности, некоторые начинают склоняться к мысли, что, возможно, весь плейстоцен насчитывал немногим больше 500 000 лет.

Радиоактивные элементы (изотопы урана, тория, калия, рубидия и других) с большими (в миллиарды лет) периодами полураспада не в состоянии помочь нам датировать явления, которые происходили раньше, чем один миллион лет тому назад. Они распадаются настолько медленно, что даже через один миллион лет количество продуктов их распада будет слишком мало, чтобы его можно было измерить. Уран 238 имеет период полураспада в четыре с половиной миллиарда лет, торий 232 — около 14 миллиардов лет. Кроме того, минералы, содержащие эти радиоактивные вещества, встречаются довольно редко и для правильного определения возраста их нужно брать из изверженных пород. Как только такой минерал кристаллизуется из расплавленной породы, его уран (или торий) начинает распадаться, образуя, в конце концов, свинец (уран 238 дает свинец 206, торий 232 дает свинец 208). Количество образовавшегося свинца, при условии, что он весь остался в минерале, укажет возраст минерала.

Возраст содержащих уран кристаллов циркона, взятых из

* По теоретическим расчетам Д. Виртмэна (1964), для возникновения и развития ледникового щита нужно от 15 до 30 тысяч лет, а для его распада — от 2 до 4 тысяч лет.

валунов древней морены, ничего не скажет о времени, когда существовали ледники; такие кристаллы говорят лишь о возрасте горной породы, из которой состоит валун и которая может быть на миллион или даже на миллиард лет старше периода оледенения. Шансы определить время, когда происходило оледенение, появились бы в том случае, если бы удалось найти поток лавы, связанный с мореной таким образом, чтобы было очевидно, что лава и морена одновозрастны. Но для этого надо еще, чтобы в лаве были подходящие радиоактивные минералы. Сочетание таких условий встречается настолько редко, что мы все еще не можем с уверенностью сказать, когда начался плейстоцен и как долго длились его ледниковые и межледниковые стадии до висконсинского оледенения. Но эта брешь в наших знаниях быстро закрывается по мере того, как ученые находят новые изотопы, при помощи которых они могут вносить усовершенствования в часы, показывающие плейстоценовое время.

Возможно, что доктор Л. С. Б. Лики и его сотрудники, которые занимаются раскопками костей первобытных людей (или человекообразных обезьян) в ущелье Олдовай (северная Танганьика), близки к тому, чтобы дать исчерпывающий ответ относительно возраста плейстоцена. Остатки человекоподобных найдены вместе с костями других животных и орудиями, которыми (мы можем почти с уверенностью сказать) пользовались эти первобытные «люди». Доктор Лики сделал заключение, что эти редкие человекоподобные существа *Zinjanthropus boisei* (зинджантропы) жили в эпоху раннего плейстоцена. К счастью, некоторые костеносные слои являются отложениями вулканического пепла. Хронологическое определение, произведенное при помощи углекислого калия 40, содержащегося в полевом шпате, взятом из пепла, установило возраст породы в 1 750 000 лет. При определении возраста подстилающего потока лавы (геологически более старого, чем кости), произведенного в другой лаборатории, ученые получили цифру в 1 300 000 лет. Таким образом, сейчас имеется расхождение, но очевидно, что мы располагаем материалом (остатками человека и сопутствующими им вулканическими породами), при помощи которого можно определить возраст плейстоцена. После того как эти отложения будут сопоставлены с другими известными отложениями плейстоцена и после дополнительных анализов, мы, возможно, получим надежный ответ. Независимо от того, исчисляется ли возраст плейстоцена почти двумя миллионами лет, как считает Лики, или одним миллионом лет, как предполагает большинство ученых, вполне вероятно, что на заре этой эпохи уже был человек. *

* В 1964 г. Л. Лики опубликовал сообщение о находке в Олдовайском ущелье остатков «человека умелого» (*Homo habilis*), жившего около 2 млн. лет назад.

СНОВА ИЗОТОПЫ КИСЛОРОДА

Даже в лишенных солнечного света глубинах океана содержатся ответы на некоторые вопросы, связанные с продолжительностью различных стадий плейстоцена. В то время когда Либби разрабатывал свой радиоуглеродный метод геохронологии, другой химик Чикагского университета доктор Гарольд С. Юри, лауреат Нобелевской премии, открыл способ определять температуру воды, в которой существовали животные, обладающие раковинами, например моллюски, в любой период геологического прошлого, даже если он исчисляется миллионами лет.

Сделать это помог изотоп, на этот раз кислород 18. Юри нашел, что отношение кислорода 18 к кислороду 16 в углекислом кальции раковины указывает на температуру воды во время роста раковины: чем больше содержится в раковине кислорода 18, тем выше была температура воды. Это то же самое свойство, которое было использовано для разделения зимних и летних слоев в снеге, фирне и ледниковом льду.

Среди множества планктонных организмов, дрейфующих по освещенной солнцем поверхности моря, есть группа фораминифер, которые умеют строить одни из самых тонких и красивых раковин, известных в природе. Эти одноклеточные животные обитают в море миллионы лет, и все это время их трупы дождем падали в бездну, покрывая слой за слоем дно моря, — самую неизменяемую среду на нашей планете. Свое последнее пристанище они делят только с раковинами других морских животных и небольшим количеством ила, большая часть которого образовалась из принесенной ветром и «утонувшей» вулканической пыли.

Вскоре после того как Юри открыл свой метод определения палеотемператур, геохимики стали исследовать при помощи изотопов кислорода извлеченные со дна моря крохотные раковинки фораминифер. Как и можно было ожидать, раковинки животных, обитающих в Карибском море и экваториальных районах Тихого и Атлантического океанов, для глубин которых характерна постоянная температура воды около 0°, отличаются иным соотношением изотопов кислорода, чем раковины животных, плавающих в более теплых поверхностных водах. Соотношение изотопов кислорода в раковинах фораминифер показывает, что температура поверхностных вод в плейстоцене колебалась в пределах более 6°.

Сочетая методы Юри и Либби, ученые из Ламонтской обсерватории нашли, что приблизительно 11 тысяч лет тому назад, когда край вальдерского ледникового покрова начал отступать из Висконсина и Мичигана, температура воды в океанах довольно резко поднялась (меньше чем за одну тысячу лет) на несколько градусов. Таким образом, как суша, так и море дают

подтверждающие друг друга доказательства заметных климатических изменений.

Изотопы кислорода показывают также, что около 18 тысяч лет тому назад наступило потепление климата, совпадающее, как нам представляется, с началом конца висконсинского ледникового покрова. Изотопный анализ раковин позволяет сделать вывод, что висконсинскому (вюрмскому) оледенению предшествовали три главных периода низких температур, которые, вероятно, соответствуют трем более ранним ледниковым стадиям — иллинойской (рисс), канзасской (миндель) и небраскской (гюнц).

Среди различных радиоактивных элементов, присутствующих в ничтожных количествах в иле на дне океанских пучин, есть протактиний и ионий. Они позже всех стали применяться для определения возраста океанических отложений. Оба элемента образуются из урана, содержащегося в морской воде, и так как они распадаются с различной скоростью, их соотношение непосредственно указывает на возраст определяемого явления. Диапазон хронологических возможностей нового метода — приблизительно 150 тысяч лет в глубь плейстоцена, по крайней мере в применении к морским осадкам.

Удачно, что с помощью изотопов кислорода возможно определять температуру, свойственную осадкам в то время, когда они отлагались. А это, в свою очередь, отражает, что происходило с царством льда на суше. Радиоуглерод, протактиний и ионий помогли узнать скорость накопления осадков на дне моря. Применяя эти данные к более древним отложениям, возраст которых не поддается определению радиохимическими методами, и используя способ определения палеотемператур, можно составить приблизительную шкалу времени для всей эпохи плейстоцена. Шкала показывает не только продолжительность в годах каждого ледникового и межледникового периода, но также и температуру воды в океане.

С помощью этой системы профессор Чезаре Эмилиани из университета в Майами определил, что от начала первого большого оледенения в эпоху плейстоцена (небраскское, или гюнцское) нас отделяет 300 тысяч лет, хотя, по его мнению, сам плейстоцен насчитывает 600 тысяч лет или более. Многие ученые тоже считают, что ледниковая эпоха наступила значительно позже начала плейстоцена, но большинство полагает, что как ледниковый период, так и плейстоцен относятся к гораздо более раннему времени, чем указывает Эмилиани. На основании анализа образцов профессор Эмилиани делает вывод, что в первой половине плейстоцена не было материкового ледникового покрова, но периоды горного оледенения наступали много раз.

Точна ли шкала времени профессора Эмилиани или нет (а он несколько раз заявлял, что его заключения носят предваритель-

ный характер), то, что он и другие ученые уже сделали, предвещает успешное завершение дела. В недалеком будущем ил и раковинки, поднятые со дна моря, дадут нам точную шкалу температуры и времени для всего плейстоцена, а возможно, и для гораздо большего геологического периода. Уже установлено, что некоторые образцы, извлеченные на поверхность, содержат осадки и раковинки, отложенные десятки миллионов лет тому назад. Ежегодные слои этих осадков микроскопически тонкие. Две пробы, взятые со дна центральной части Карибского моря исследовательскими судами Океанографического института в Вудс-Холле и Ламонтской обсерватории, показали, что для отложения одного сантиметра осадков потребовалось почти восемьсот лет.

Есть огромные пространства океанического дна, где отложения накапливаются с бесконечно меньшей скоростью. Но если будут получены более длинные колонки грунтов, перед учеными откроется волнующая перспектива определения времени, когда первозданное море наполнило первую океаническую впадину на Земле.

ЛЕДНИКОВЫЙ ПОКРОВ СОЗДАЕТ НОВЫЙ МИР

Наступит день, когда дно моря раскроет перед нами самые сокровенные тайны Мира льда, но пока записи, которые природа захоронила в нем, доступны только глазу ученого. Даже и его работа пока зависит от тралов, буров и съемочных аппаратов. И лишь спустя много дней, недель или месяцев, которые требуются для тщательного анализа образцов в лаборатории, раскрывается зашифрованная в них история.

Однако о том, что происходит в Мировом льду, больше всего говорят нам следы, оставленные на поверхности Земли, — водопады, озера и болота, поля валунов, морены, характерные формы рельефа, наблюдаемые на более чем одной четверти поверхности Земли, и древние береговые линии, и коралловые рифы, отстоящие на тысячи километров от границ пространств, некогда покрытых льдом. Эти бесчисленные следы драматических событий доступны не только ученым. Все мы можем видеть их, а увидеть — значит понять.

Мы уже говорили о некоторых приметах столкновений, происходивших между Землей и льдом: горные хребты с типичными высеченными льдом цирками, пирамидальные пики и глубокие U-образные долины. Очень вероятно, что нет на свете такой страны, где Мир льда не оставил бы каких-нибудь знаков.

В одно из ранних оледенений в эпоху плейстоцена ледники покрывали почти одну треть земной поверхности, в том числе территории, на которых теперь расположены самые большие города мира — Нью-Йорк, Чикаго, Монреаль, Глазго, Лондон, Гамбург, Берлин, Ленинград, Москва и многие другие. Ландшафты этого обширного пространства, размеры которого превосходят весь Североамериканский континент, носят заметные черты воздействия ледников.

Следы, оставленные последним ледником (висконсин, или вюрм), выступают резче, чем другие. Из них-то мы больше всего и узнали о деятельности ледников эпохи плейстоцена. При своем продвижении на огромные расстояния лед стирал с подстилающей поверхности миллиарды тонн обломков горных по-

род. Это было одним из самых больших дел, содеянных прежними ледниковыми покровами. Весь этот материал, лежит ли он там, куда свалил его ледник, или там, куда его отнесли потоки талой ледниковой воды, получил название *дрифта*. Это название было введено англичанами задолго до того времени, когда жил Агассиц, так как они поняли, что реки не могли пронести валуны и другие крупные обломки горных пород, покрывающие большую часть территории Англии. Англичане приписали им необычное происхождение: будто все эти камни принесены айсбергами, плававшими по морю, которое одно время, якобы, покрывало весь север Европы. Наименование дрифт так крепко укоренилось ко времени, когда Агассиц убедил научный мир в истинном происхождении этих отложений, что термин этот сохранился и теперь занимает прочное место в словаре науки о ледниках.

Ледниковые наносы нередко встречаются в виде валообразных гряд морен, расположенных параллельными рядами. Такие гряды простираются через северные районы Соединенных Штатов и южную Канаду и через Северную и Центральную Европу. Каждая моренная гряда, представляющая собой узкую холмистую полосу суши, которая заметно выделяется в окружающем рельефе, отмечает линию, где ледниковый покров делал временную остановку, или до которой он доходил, когда, отступая на север, испытывал небольшие подвижки. Ледник, скорость движения которого редко превышала несколько метров в год, нес на себе обломки горных пород, а затем откладывая их на конце в виде морен, которые медленно увеличивались. Иногда, когда ледник начинал двигаться дальше, пробиваясь через прежде отложенную морену и разрушая ее, глыбы льда, отколотые от покрытого трещинами ледникового края, падали в морену и оставались погребенными в ней. После отступления ледника эти глыбы таяли, заполняя водой углубления, созданные ледником. Такие углубления получили название *котлов*. Благодаря колебаниям края ледника его конечная или краевая морена в некоторых случаях вырастала до нескольких километров в ширину, представляя собой беспорядочное сочетание холмов и впадин.

В восточной части Северной Америки ледник во время своего последнего наступания, двигаясь через нынешнее побережье Новой Англии, отложил конечную морену, большая часть которой теперь скрыта под водой. Ее неровный рельеф на морском дне был определен промерами глубин от залива Мэн до залива Кейп-Код. К югу от залива Мэн, где морена лежит ближе к берегу, ее верхушка в нескольких местах поднимается над водой. В этом районе находятся две выступающие из воды, почти параллельно расположенные морены, отделенные друг от друга расстоянием от 1,5 до 40 км. Морена, лежащая с внутренней стороны (она моложе, чем другая морена), — характерная черта залива Кейп-

Код. Она простирается неровной, усеянной озерами холмистой полосой через рукав залива из Орлеан-Бич через Барнстабл к Вудс-Холлу. Следующие 26 км она представляет собой цепочку островов — Ношон, Паско, Каттихунк и несколько более мелких. Между этими островами и Наррангасет Пайэр на материке она погружается в воды пролива Род-Айленд. Морена идет через южную часть острова Род-Айленд и восточный край пролива Лонг-Айленд, где образует острова Фишер и Плам. Под именем Харбор-Хилл морена тянется через Лонг-Айленд от северной оконечности мыса Ориент до центральной части Бруклина. На Род-Айленде она известна как морена Чарлстаун, в окрестностях Вудс-Холла — как морена Баззардс-Бей, а дальше на восток на Кейп-Код — как морена Сэндвидж.

Южнее Массачусетса и Род-Айленда части этих двух морен находятся вдали от побережья, образуя холмистую с множеством мелких углублений местность в северной части островов Нантакет и Мартас-Вайнъярд. Блок-Айленд составляет еще одну надводную часть этой морены. В отдельных местах некоторые ее типичные черты были уничтожены бульдозерами, расчищавшими место для строительства домов, но под названием Ронконкома ее можно проследить на всем протяжении от самой восточной оконечности Лонг-Айленда у мыса Монток через округа Суффолк и Нассау, где она сливается с мореной Харбор-Хилл к югу от залива Манхассет. Озеро Ронконкома, расположенное в географическом центре Лонг-Айленда, представляет собой котловину, которая была образована на этой морене. Такой же котловиной является озеро Саксес, близ которого происходили заседания Организации Объединенных Наций до того, как была построена ее нынешняя резиденция; как раз в этом месте встречаются две большие полосы морен — Харбор-Хилл и Ронконкома.

Дальше Харбор-Хилл направляется на запад через Форест-Парк, мимо известных своими теннисными кортами Форест-Хиллз. Она пересекает вход в Нью-Йоркскую гавань у Нэрроуз, а оттуда легко проследить, как она направляется через остров Стэйен и северную часть штата Нью-Джерси в Пенсильванию.

Непосредственно к югу от морен Харбор-Хилл и Ронконкома и их ветвей, простирающихся дальше на восток, местность почти плоская и без озер. Она образует резкий контраст с рельефом самих морен. Эти равнины хорошо представлены вдоль южного побережья залива Кейп-Код, в южных частях островов Нантакет и Мартас-Вайнъярд и особенно на Лонг-Айленде. С поверхности они сложены мощной толщей песка и гравия, намытых тающим ледником во время аккумуляции конечной морены. Толща эта является причиной отсутствия на большей части Лонг-Айленда текучих вод: почти вся дождевая влага уходит

в пласты песка и гравия с хорошей водопроницаемостью, а затем медленно движется под землей на юг, к океану. Вот почему люди, строящие дома южнее морен Лонг-Айленда, уверены, что колодцы, которые они роют на своих участках, обеспечат их водой.

В горных районах северной Пенсильвании морены исчезают. Но западнее гор, от центральной части штата Огайо до Северной Дакоты, эти ледниковые образования, хотя они в течение нескольких тысяч лет и подвергались воздействию стихий, все еще представляют собой самую заметную черту рельефа. Так же как и на востоке, они имеют вид насыпей и холмистых гряд, усеянных бесчисленным множеством котловин, превратившихся теперь в озера, пруды и болота. Большинство этих морен достигает нескольких десятков метров высоты и 1,5—15 км ширины. Их неровный рельеф не очень подходит для сельского хозяйства, и поэтому большие участки морен все еще покрыты лесом. Благодаря этой особенности морены рельефно выделяются на фоне окружающих их прерий. Морена Дефайанс обходит западный край озера Эри в виде большой дуги, начинающейся в окрестностях Эн-Арбор, проходит через Дефайанс в штате Огайо, затем простирается на восток между Акроном и Кливлендом, заканчиваясь в северо-западном углу Пенсильвании. Главная магистраль штата Огайо проходит через морену в двух местах — к северу от Аркона и приблизительно в 30 км западнее Тоledo. Четыре или пять таких же морен лежат за этой мореной в Огайо и Индиане.

Таковыми же моренами покрыт и северный Иллинойс. На участке между Пеорией и Терре-Хот хорошо заметная морена Шелбивилл отмечает самое далекое продвижение висконсинского ледникового покрова. Большая морена Вальпарайсо огибает южный конец озера Мичиган близ Чикаго и Эри и идет на север вдоль восточного берега озера.

Морена Бемис — самая большая из всех висконсинских морен. Она изгибается большой петлей от юго-восточного угла Северной Дакоты на юг до Де-Мойна, затем поворачивает на север за Миннеаполис и Сент-Пол. Севернее Де-Мойна, у вершины своего большого изгиба, она достигает 40 км ширины. Такую же ширину имеет и морена Атламонт, расположенная внутри Бемис.

В Европе все главные ледниковые покровы эпохи плейстоцена распространились из основного центра в Скандинавии, и один из центров меньших размеров был в горах Британских островов. Во время максимального оледенения ледники из этих двух центров объединились, образовав общий покров во всей Северной и Западной Европе. Края слившихся ледников простирались на юг до линии, проходящей через Лондон, Амстердам, Лейпциг и Краков, а в долине Днепра ледниковый язык выдвигался

нулся вперед, не достигнув 320 км до Черного моря, пройдя, таким образом, расстояние более чем в 1500 км от главного ледникового центра в Скандинавии.

Во время более поздних оледенений лед неоднократно спускался через Балтийское море на Северо-Германскую равнину. Некоторые морены, образованные в течение более поздних продвижений ледников, изменились очень мало. Одна из наиболее рельефных, Бранденбургская морена, простирается из Дании через Гамбург и Берлин, а затем идет на восток. Франкфурт-Познанская и Померанская морены лежат дальше на север и вместе с Бранденбургской опоясывают озерный район Северной Германии и Восточной Пруссии.

Хотя ледники в своем продвижении по Северо-Германской равнине доходили до различных мест, на западе все они останавливались приблизительно в одном и том же районе вдоль восточного края впадины Северного моря. Здесь с каждым последующим наступанием ледников одна морена нагромождалась на другую, пока они не образовали основу полуострова, который теперь почти изолирует Балтийское море от Северного и на котором расположилась Дания.

Таким образом, подобно жителям Лонг-Айленда, датчане обязаны своей территорией ледникам, нагромоздившим обломки горных пород, принесенные из других районов, в месте, которое иначе было бы теперь большей частью покрыто морем. Две контррастные береговые линии Дании, как и береговые линии Лонг-Айленда, своим характером также непосредственно обязаны деятельности ледников. Неровное восточное побережье и примыкающие к нему острова находятся в центре моренного пояса, в то время как другая сторона этого опрятного маленького полуострова представляет собой плоскую намывную равнину, на гладкой поверхности которой волны Северного моря соорудили длинные прямые песчаные пляжи Ютландии.

Когда большие североамериканские ледники текли на юг из Канады, они разрушали поверхность (занятую теперь Великими озерами) низменностей, сложенных глинистыми сланцами и известняками. Размалывая и превращая их в глину, лед нес эту огромную массу обломков на юг. Она была настолько большой, что забила основание ледника, заставляя его течь над ней. Благодаря этому неровности рельефа доледникового ландшафта покрывались слоем осадков, предохранявшим их от дальнейшего разрушения и выпахивания. Так был погребен доледниковый ландшафт Среднего Запада, и теперь о нем можно судить только благодаря бесчисленному количеству колодцев, вырытых сквозь слой ледниковых наносов. Сегодня можно часами ехать по плодородным, распаханым землям, лежащим на ровной поверхности ледниковых отложений, нанесенных на прежний рельеф с характерными для него возвышенностями и пониже-

ниями, и не увидеть ни единого следа этого доледникового ландшафта.

Этот вид ледниковых наносов получил название *донной*, или *основной*, морены, в отличие от конечных морен, которые то там, то здесь вздымаются над ее слегка волнистой поверхностью.* Донные морены покрывают большую часть северных районов Соединенных Штатов, южную Канаду и западные Канадские равнины. В Огайо толщина их в среднем составляет 30 м. В штате Айова ледник отложил морену мощностью почти вдвое больше этой.

Глинистые сланцы Среднего Запада поддавались ледниковому выпаживанию гораздо легче, чем граниты и другие твердые горные породы холмов и гор Новой Англии. Конечно, за тысячелетия, в течение которых ледник воздействовал на эти стойкие породы, ему удалось отщепить от них массу обломков, но их количество было гораздо меньше того, какое получалось, когда ледник двигался по более податливым породам. Сегодня и Новая Англия, и Огайо покрыты донными моренами. Однако в Огайо редко можно увидеть ледниковый валун или булыжник и, вероятно, нет ни одного поля, которое было бы огорожено каменной оградой. В Новой Англии, с другой стороны, слой морены имеет толщину всего 4,5—6 м, а земля в буквальном смысле слова представляет собой море камней. Все поля на протяжении многих километров обнесены каменными заборами, хотя поля здесь гораздо меньших размеров, чем в Огайо. Ограды эти росли медленно, по мере того как фермеры ежегодно выкапывали и убирали камни с полей, но все еще остается много земли, слишком каменистой, чтобы ее можно было распахать.

У североамериканских и европейских ледниковых отложений есть много удивительно схожих черт. Между большими конечными моренами на Северо-Германской равнине и в восточной части СССР слой основной морены толстый и содержит много глины, которую ледник образовал из слабых коренных пород, слагающих обширные низменности в Эстонии и Латвии. Ландшафт северных берегов Балтики, а также Ирландии, Шотландии и северной Англии, где много выходов более устойчивых пород, своими каменными оградами, обилием валунов и многим другим очень похож на ландшафт Новой Англии.

Перенесенные ледником обломки горных пород — валуны, щебень и более мелкий материал — независимо от того, лежат ли они в тилле или свободно на поверхности земли — получили названия *эратических камней*.** Каменные ограды и стены

* Отожествление донной и основной морены неправильно. Основная морена — это донная (нижняя) морена вместе с осевшими на нее (после таяния ледника) поверхностной и внутренней моренами.

** Обычно эратическими валунами (каменьями) называют окатанные и оглаженные обломки горных пород диаметром 10 см и больше. Щебень и более мелкий материал, как правило, эратическими камнями не называют.

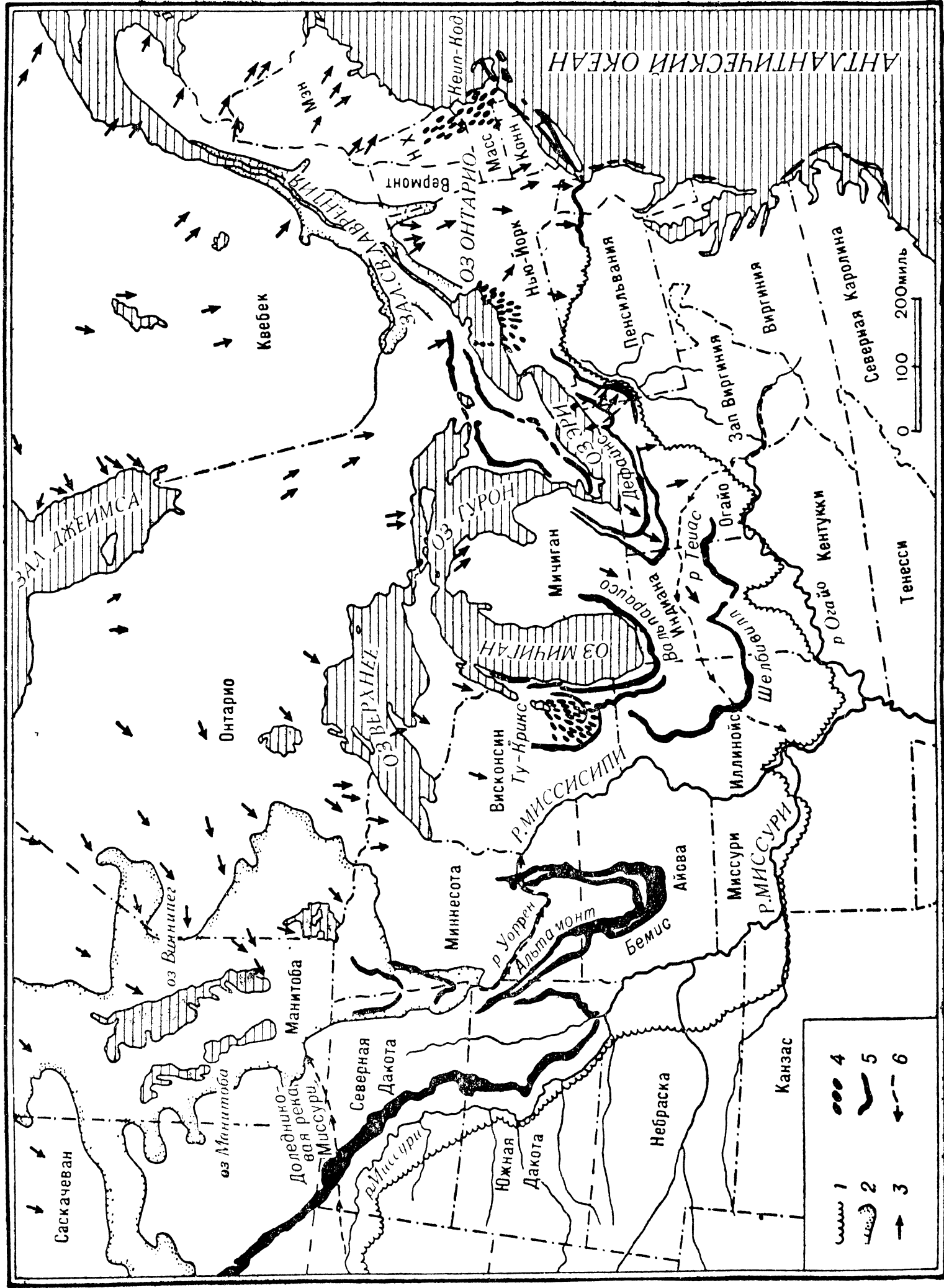


Рис. 3. Ледниковые образования на востоке Северной Америки.

1 — южная граница ледникового района; 2 — очертания морей и озер ледникового периода; 3 — направление царапин, оставленных ледниками; 4 — районы, где встречается множество друмлинов; 5 — конечные морены; 6 — реки ледникового и доледникового периодов.

в Новой Англии и на Британских островах построены главным образом из эрратических валунов. В Европе валуны стали использовать для строительства много тысяч лет тому назад. До нас дошли каменные цирковые арены и постройки тех времен, предназначенные для религиозных церемоний и других целей. В Северной Европе из ледниковых валунов возведено много сооружений, в том числе старинные замки, которые стоят и по сей день. Целые деревни в Северной Германии были построены из принесенных ледником из Швеции гранитных валунов.

Эрратические валуны бывают таких размеров, что с ними не могут справиться самые мощные экскаваторы. Очень многие валуны весят больше ста тонн, а известны такие, и их немало, вес которых достигает нескольких тысяч тонн. Леднику, когда он движется, под силу переносить глыбы любой величины. В Соединенных Штатах самую большую известность получил эрратический валун Мэдисон, который лежит около Конуэй, в штате Нью-Гэмпшир. Его размеры $26,8 \times 11,9 \times 11,3$ м. На Британских островах встречаются валуны еще большей величины. *

Многие большие валуны состоят из гранита и родственных ему крепких пород. Но иногда ледники отрывали и переносили глыбы известняка и других осадочных пород. В графстве Хантингдоншир, приблизительно в 80 км севернее Лондона, на вершине одного из таких гигантских валунов была построена целая деревня. Отдельные валуны разрабатывались как карьеры, из которых добывали камень в течение многих лет. В Скандинавии и Северной Германии есть валуны, достигающие нескольких километров в длину.

Когда ледник переносил валуны, по пути они частично разбивались и перетирались, уменьшаясь в размерах. Поэтому очевидно, что колоссальные известняковые валуны в Европе были перенесены льдом не больше, чем на несколько километров. Однако некоторые гранитные валуны теперь лежат на расстоянии 80 км от того места, где ледник отколол их от материнской породы.

Валуны меньших размеров, состоящие из устойчивых пород, переносятся на гораздо более дальние расстояния. Если они по своему составу отличаются от пород той местности, куда принесены, то можно проследить, из какого источника они были отколоты. Таким образом, они становятся индикаторами пути, по которому прежде двигался лед. Именно благодаря этому геологи смогли определить направление, в каком двигались ледяные потоки, и в конце концов найти центр, откуда они растекались.

* Широко известен огромный валун, служащий постаментом памятника Петру I («Медный всадник») в Ленинграде.

В моренах на Лонг-Айленде есть много гранитных осколков, оторванных ледником от высоких вершин гор Адирондак. В моренах на Кейп-Код много обломков пород из штатов Мэн и Нью-Гэмпшир. Валуны, содержащие медь, прошли 950 км из северного Мичигана до южного Иллинойса. Очевидно, ледник способен переносить валуны не дальше чем на 1100—1300 км, так как не было найдено ни одного валуна, удаленного от своего источника на большее расстояние. Там, где ледник полз по выходам породы, расположенным на возвышенностях, отщепленные от них куски концентрировались по направлению движения ледника большими полосами. Сегодня эти полосы валунов служат хорошим указателем направления прежнего движения ледниковых покровов.

Вследствие того что направление, в котором двигались потоки льда, в течение тысяч лет немного изменялось, полосы-указатели по мере удаления от первоначальных обнажений пород расходились веером. Самые заметные веера-индикаторы среди североамериканских ледниковых отложений находятся в Новой Англии благодаря изобилию и разнообразию имеющихся там выходов горных пород.

В северо-восточной части Род-Айленда, в предместьях Вунсокет, есть небольшой, не очень заметный холм Айрон-Хилл. Темная с большим содержанием железа изверженная порода (кумберландит), из которой состоит эта возвышенность, наполняет жерло древнего вулкана и не похожа почти ни на одну породу в Новой Англии. Хотя высота Айрон-Хилл едва достигает 30 м, он занял прочное место в геологических летописях, потому что ледниковый покров, проходя через этот холм, отщепил от него множество обломков, которые теперь, распространившись к югу, образуют удивительные веера-индикаторы. Начинаясь у вершины холма, где порода обнажена только на 400 м в ширину, этот веер все более и более расширяющейся полосой простирается на юг через Потакет и Провиденс, спускаясь вдоль всего залива Наррагансетт, через Ньюпорт, где он достигает 11 км в ширину и, наконец, выходит к Атлантическому океану в 65 км от обнажения на Айрон-Хилл.

В Новой Англии есть и более длинные веера-индикаторы. В Европе несколько таких вееров расходятся из центральной Швеции до внешних границ ледниковых отложений в северной Германии. Норвежские эрратические валуны были передвинуты льдом по дну Северного моря до Англии. Несколько вееров, вершины которых лежат в южной Финляндии, пересекая Финский залив, доходят до Эстонии и Латвии.

В восточной Финляндии многие валуны, разбросанные по ледниковым наносам, содержат медную руду. В поисках источника, от которого откололись эти валуны, геологи составили карту местонахождения всех известных обломков породы, содер-

жащих медь. В конце концов чертеж принял форму веера, в вершине которого, по мнению геологов, должны были находиться коренные выходы породы. И действительно, под слоем наносов, покрывающих эту местность, были открыты залежи руды, которые впоследствии стали самым важным источником добычи меди в Финляндии.

В некоторых редких случаях веера приводят к местам, где порода, слагающая валуны, отсутствует. Это значит, что ледник унес ее отсюда целиком. Такое положение наблюдается там, где небольшие останцы некогда обширной, почти горизонтально залегающей толщи пород сохранились на вершинах возвышенностей. Лед может до основания срезать такие останцы, уничтожив при этом всякие признаки их прежнего существования, и разбросать их остатки в виде валунов, рассеянных на большой площади.

Не все необычные или даже редкие эрратические материалы являются индикаторами. Иногда они или вообще никуда не ведут, или заводят в тупик. Вот что произошло в 1876 году на одной из ферм в юго-восточной части штата Висконсин. Роя колодец в ледниковом наносе, фермер нашел необычный стекловидный камешек и оставил его себе на память. Через семь лет жена фермера продала его за один доллар ювелиру в Милуоки. Позже обнаружилось, что это был алмаз в 16 карат, и ювелир продал его за большую сумму денег. * Как и следовало ожидать, фермер, нашедший алмаз, предъявил иск ювелиру. Дело дошло до Верховного суда штата Висконсин, который вынес решение, что ювелир имел право на деньги, так как он не знал о ценности камня, когда он его покупал.

Висконсинский алмаз вызвал настоящую лихорадку. Многие бросились в прерии в надежде найти этот неуловимый минерал. Поиски алмазных залежей оказались бесплодными, но в течение нескольких лет было найдено еще несколько алмазов: пять в Висконсине, три — в южной Индиане и по одному в штатах Мичиган и Огайо. Один камень, найденный в нескольких милях севернее того места, где был обнаружен первый алмаз, весил 21 карат. Несомненно, что в наносах, покрывающих эти штаты, лежит много алмазов, но их будет гораздо труднее отыскать, чем вошедшую в поговорку иголку в стоге сена.

Алмазы во всем мире встречаются в особой породе вулканического происхождения — кимберлите, залегающей в виде цилиндрических трубок (прежних выводных каналов вулкана) на больших глубинах от поверхности земли. **. Алмазы рождаются

* 1 карат = 200 мг = 0,2 г.

** Кимберлит — ультраосновная (т. е. с низким содержанием — около 45% — кремнекислоты) изверженная горная порода, измененная последующими процессами настолько сильно, что превращается в желтую или голубую глину, состоящую из вторичных минералов.

в расплавленной магме внутри этих древних вулканических жерл, причем давление и температура, необходимые для их образования, очень высоки. Геологи почти уверены, что непосредственно под отложениями, где были найдены американские алмазы, кимберлита нет.

Откуда же, в таком случае, они взялись? Ледниковые шрамы на редких обнажениях коренных пород и породы-индикаторы, входящие в состав морены, указывают на север, и все линии сходятся в одном районе — где-то в покрытой торфяными болотами и ледниковыми наносами части Онтарио между озером Гурон и заливом Джемса. В попытке найти «материнскую жилу» в этом районе была организована коммерческая разведка. И опять-таки это были поиски иголки в стоге сена.

Все же очевидно, что источник, из которого ледник принес алмазы, где-то есть. Предположение, что лед унес породу, содержащую алмазы, как он сделал это с некоторыми известняковыми отложениями в Европе, маловероятно: у глубоко залегающих вертикальных алмазоносных трубок больше шансов устоять против атак ледников, чем почти у любого другого типа породы на Земле. Этот источник, возможно, находится около того места, где была предпринята безуспешная разведка, или дальше на север. Алмазы, самые твердые из всех минералов, могут остаться невредимыми даже после продолжительного натиска ледника (об этом свидетельствуют 11 найденных камней), тогда как материнская порода, в которой они были заключены, полностью уничтожена и алмазы сохранились в морене в качестве единственного признака, свидетельствующего о былом существовании также и вмещающей породы. Может быть, среди всех эрратических камней алмазы держат рекорд по самому большому удалению от своего коренного залегания.

Итак, редчайшие эрратические камни — 11 алмазов, разбросанных в ледниковом наносе на территории, превосходящей штат Огайо, говорят нам, что где-то в необитаемой местности в Канаде находится месторождение алмазов, но где именно — этого они нам пока не открыли.

ДРУМЛИНОВЫЙ ЛАНДШАФТ

День клонился к вечеру, погода была ясная, солнце низко стояло на западе. Самолет только что поднялся из Сиракуз и, набирая высоту, направлялся в Буффало. Одни пассажиры разговаривали, другие дремали или читали, а третьи, прислонившись к иллюминаторам, с интересом смотрели на открывающийся под ними ландшафт. На всем пути к озеру Онтарио и на запад, насколько хватал глаз, простиралась обширная равнина, покрытая сотнями и тысячами холмов. Все они имели эллипти-

ческие очертания, т. е. более заострены у южного конца, чем у северного, и расположены так, что их длинные оси направлены с севера на юг. Темные серповидные тени, отбрасываемые заходящим солнцем, скрывали восточную сторону всех холмов, придавая местности вид какого-то потустороннего мира, усеянного симметрично расположенными темными пятнами.

Этот интересный ландшафт довольно редко встречается на Земле. Вытянутые холмы, форма которых напоминает перевернутую ложку, являются частью донной морены, или моренного покрова. Названы они ирландским словом *друмлины*. Они были созданы ледниками, когда те двигались по толстому слою уже отложенной морены. Некоторые друмлины образовались в предгорной области, другие — в местах, где ледниковые наносы, содержавшие много глины, формовались в холмы, которые, по мере того как ледник продолжал двигаться по ним, принимали продолговато-овальную обтекаемую форму, вытягиваясь в направлении движения ледника.

Большинство друмлинов имеет почти 1,5 км в длину, около 100 м в ширину и 15—60 м в высоту. В районе севернее Фингер-Лейкс между Сиракузами и Ниагарским водопадом их насчитывается приблизительно 10 тысяч. Здесь почти все друмлины отстоят друг от друга не дальше чем на 800 м, а многие даже ближе.

Такая же, но меньшая по количеству группа друмлинов покрывает свыше 2600 квадратных километров территории юго-восточной части штата Висконсин. Как правило, друмлины вытянуты здесь с северо-востока на юго-запад, так как лед, который «лепил» их, двигался через низменность у Грин-Бей на юго-запад. Еще одна большая группа друмлинов простирается из центральной части штата Нью-Гэмпшир через Бостон и Вустер в восточную часть штата Коннектикут. На этом участке вследствие неровности доледникового рельефа друмлины не так заметны, как на равнине около озера Онтарио и в прериях южного Висконсина. Однако несколько из 200 друмлинов, находящихся в Бостоне и вблизи него, очень выделяются в окружающем ландшафте. Некоторые друмлины получили известность благодаря тому, что на них были возведены госпитали и казармы. Все острова в Бостон-Харбор являются частично затопленными друмлинами, и их простираие показывает, что образовавший их лед пришел с северо-запада.

Самые большие в мире друмлиновые поля занимают огромные пространства равнин северо-западной Канады. Здесь друмлины отличаются от большинства других тем, что они узкие и длинные и имеют более обтекаемую форму. Друмлиновый ландшафт, подобный тому, какой встречается в штатах Нью-Йорк и Висконсин, характерен и для большей части южной Финляндии.

КУДА НИ КИНЬ ВЗОР—ВСЮДУ ОЗЕРА

Когда жители Миннесоты рекламируют свой штат «как страну десяти тысяч озер», они, может быть и не зная этого, преуменьшают способность последнего ледникового щита, покрывавшего их штат, создавать озера. Почти все озера в Миннесоте — подобно озерам Висконсина, Мичигана, Новой Англии и всех других мест, расположенных внутри конечных морен последних больших ледниковых покровов, — обязаны своим происхождением деятельности ледников. Количество созданных ими озер выражается астрономическими цифрами. В Канаде и Финляндии есть огромные пространства, где больше воды, чем суши, и где по ледниковым озерам можно пройти на лодке тысячи километров. Только изредка между ними попадаются незначительные перешейки, по которым лодки приходится перетаскивать волоком.

Большинство крупнейших пресноводных озер в северном полушарии создано ледниками. Среди них Великие озера, Большое Медвежье и Невольничье озера и озеро Виннипег в Северной Америке, Ладожское и Онежское озера в СССР.

Некоторые из ледниковых озер, например Великие озера, наполняют котловины, выпаханные ледником. Иные образовались вследствие запруживания долин конечными моренами, и бесчисленное множество других, главным образом небольших, заполняют углубления в неровной поверхности морен.

Если и теперь на этих некогда покрытых льдом территориях наблюдается такое изобилие озер, попытайтесь представить себе, что было, когда ледник только что отступил и когда несметные нынешние болота и торфяники Канады также были озерами. Если бы все эти трясины и болота можно было снова обратить в озера, тогда бо́льшая часть Канады и другие районы мира, некогда пережившие оледенение, превратились бы в моря, усеянные островами.

То, что в Висконсине, Мичигане, Миннесоте и других областях, подвергшихся оледенению и богатых озерами и болотами, наводнения случаются редко, объясняется главным образом водопоглотительными свойствами толщи ледниковых отложений. Озера — это резервуары воды, а болота — большие губки, которые, всасывая и сохраняя значительные массы воды, позволяют им равномерно вытекать в виде рек и ручьев. Ровное течение характерно для рек в тех районах, которые когда-то были покрыты льдом, особенно если там много болот. Этому удивительному дару ледников мы не воздаем должного, иступленно засыпая и осушая болота, чтобы сделать их более «продуктивными». К сожалению, есть такие уроки, которых человек просто не в состоянии усвоить.

В те далекие времена было не только больше озер, но неко-

торые, уже исчезнувшие, намного превосходили по величине любое из существующих сейчас. Все эти огромные озера возникали у краев ледников. Самые идеальные места для образования таких масс воды были в Канаде и в западной и центральной частях Европы, где большие реки текли на север — в Гудзонов залив и Балтийское море.

Величайшее из всех запруженных льдом озер было названо по имени создателя ледниковой теории. Озеро Агассица образовалось в то время, когда при своем отступании последний большой ледниковый покров достиг северо-восточного угла современной Южной Дакоты. Отсюда край ледника отступал через сушу, имевшую наклон в том направлении, в каком ледник отходил до Гудзонова залива. Реки Нельсон и Ред-Ривер были блокированы льдом и вместе с огромными массами талой воды, вытекавшей из ледника, разлились в большое озеро, которое, по мере отступления края ледника, становилось все больше и больше. Это озеро получило сток на юг через реку, названную потом Уоррен. Река, проходя через Миннесоту и вливаясь в Миссисипи, выработала широкую долину, которую теперь занимают озера Траверс и Биг-Стоун (между штатами Миннесота и Южная Дакота) и река Миннесота. Эта долина слишком велика, чтобы ее могла прорезать река Миннесота, какой мы ее знаем сегодня.

После того как край ледника отступил на север от того места, где теперь расположен город Виннипег, озеро Агассица нашло более низкий выход, через который его воды уходили в озеро Верхнее. В конце концов перед тем, как открылся выход в Гудзонов залив, озеро Агассица достигло своей наибольшей величины, простираясь на север от северо-восточного угла Южной Дакоты на расстояние почти 1300 км и покрывая часть Северной Дакоты, Миннесоты, провинции Саскачеван и половину провинции Манитоба. В то время размеры озера превосходили современные размеры всех Великих озер, вместе взятых.

Затем, к тому времени, когда еловый лес медленно прокладывал себе путь через покинутое ледником ложе старого озера Чикаго у Ту-Крикс, лед отступил уже настолько далеко, что воды озера Агассица стали течь в Гудзонов залив, и постепенно озеру пришел конец. Но вскоре, когда в вальдерское время ледниковый покров снова пошел в наступление, родилось другое озеро Агассица (озеро Агассиц II).

Озеро Агассиц II — и в какой-то степени также и первое — оставило много следов своего существования; прежде всего это отложенная им свита песков и глин толщиной до 12—15 м. Теперь почва на этих озерных осадках, слагающая самые ровные и обширные равнины в Северной Америке, используется в основном для выращивания пшеницы. Гладкая поверхность этой равнины особенно бросается в глаза, если вы попадаете сюда с востока, например, со стороны автомобильной дороги № 52 или до-

роги № 94 из Миннеаполиса. На протяжении более 150 км — от Сент-Клауд, мимо Саук-Сентер и Фергюс-Фолс — вы пересекаете холмистый, усеянный озерами моренный ландшафт. Затем, приблизительно в 50 км от Фарго, машина, спустившись с возвышенного места, неожиданно въезжает на ровное, лишенное озер, ложе бывшего озера Агассица. К северу, югу и западу до самого горизонта простирается плоская равнина, и вся ее плодородная земля занята пшеничными и картофельными полями.

Прежняя граница озера отмечена намывным берегом, который теперь имеет вид длинной узкой гряды от 3 до 4,5 м в высоту. Когда-то волны, бившиеся о древние берега, нагромождали здесь песок с мелководья. Эту бывшую береговую линию, получившую теперь название по небольшому городку Герман-Бич, расположенному на ней юго-западнее Миннесоты, можно проследить на протяжении сотен километров через штаты Миннесота и Северная Дакота и провинцию Манитоба.

Еще более заметные «пляжи» раскинуты на самом ложе озера. Они образовались в то время, когда уровень воды в озере контролировался другими, более низкими каналами стока, обнажившимися при отступании ледника.

Не одно озеро Агассица образовалось между краями ледника. Создавались много больших и тысячи маленьких озер. Некоторые существовали только несколько десятков лет, другие, как Агассиц II, — несколько тысяч лет.

В северной части штата Нью-Джерси между краем ледника и горами Уотчунг возникло подпрудное озеро около 48 км в длину и 16 км в ширину. Оно было спущено, когда отступающий лед открыл сток через реку Пассейик в месте, где теперь расположен город Патерсон.

Озера, подобные североамериканским, нередко создавались и у краев европейского ледникового покрова. Такие большие реки, текущие в северном направлении, как Одер, Эльба, Обь и Енисей, должно быть, не раз запруживались льдом. В нескольких случаях, когда при отступании из котловины Балтийского моря ледники запирали выход из него мореной, возникало огромное озеро, занимавшее нынешнее пространство Балтийского моря и некоторые районы Швеции и Финляндии.

Очень интересна история Великих озер. Фронт последнего ледникового покрова в течение девяти тысяч лет то наступал, то отступал, перемещая озера и изменяя их уровни, когда лед блокировал, а затем обнажал то один, то другой выход из озер. Когда воды озера Чикаго затопили лес у Ту-Крикс и, получив сток через реку Чикаго, направились в Миссисипи, уровень озера Эри, выход из которого был заперт ледником близ Ниагарского водопада, поднялся, и его воды, затопив южную часть штата Мичиган, влились в озеро Чикаго. В более раннее время вода из озера Эри распространилась через Индиану и стекала через реки

Моми и Уобаш в Огайо. Были периоды, когда вода из озера Эри, некогда включавшего в себя все озера, расположенные в этом районе, кроме Верхнего, затопив штат Нью-Йорк, вливалась в реку Мохок, откуда вниз по Гудзону выходила самым коротким в истории озер путем к морю. Длительное время озеро Дулут (этим названием обозначают прежнее ледниковое озеро Верхнее), восточный край которого был блокирован льдом, имело сток непосредственно в Миссисипи через выход, находившийся у того места, где теперь стоит город Дулут. Возможно, что еще три тысячи лет тому назад у Великих озер было три выхода одновременно — через реки Чикаго, Св. Лаврентия и Оттаву.

Итак, Великие озера были созданы Миром льда, и в продолжение всей своей истории они находились под его воздействием: он уничтожал их, когда наступал, и снова возвращал к жизни, отступая. В какое-то время они были небольшими, в другое — их размеры увеличивались. Их воды нашли себе выход в трех различных направлениях в Миссисипи и Мексиканский залив, двумя путями они попадают в залив Св. Лаврентия, через Гудзон — в порт Нью-Йорк, а когда подпертое льдом Онтарио изливалось через Фингер Лейкс в верховье реки Саскуиханны, они непродолжительное время имели сток в Чесапикский залив.

Реки в этом районе при наступании ледникового покрова перенесли более значительные изменения, чем Великие озера. Когда их накрыли ледники, они исчезли. После того как лед отступил, многим из них не удалось ожить, а те, которые снова появились, из-за массы моренного материала, сброшенного ледниками в их долины, уже не могли течь по своим первоначальным руслам.

До наступания ледников большая доледниковая река Канавха текла по глубокой долине из предгорий Виргинии через Голубые горы и затем пересекла Западную Виргинию, Огайо, Индиану и Иллинойс, вливаясь в Миссисипи. Эта древняя река, приблизительно равная по величине нынешней Огайо, была уничтожена наступающим ледником. Ее притоки в западной Виргинии и Кентукки, которые устремлялись за краем ледника в северном направлении, так же как реки Аллегейни и Мононгахила, направлявшиеся на север через Пенсильванию в бассейн озера Эри, были блокированы льдом и превратились в озера. Одна за другой подпруженные льдом реки заливали низменности в поисках новых путей вдоль окраины ледника. Вскоре эти новые реки слились, образовав нынешнюю реку Огайо, рожденную, таким образом, путем объединения многих коротких речушек, которые до вторжения ледника текли в разных направлениях.

Миссури, как и Огайо, — река ледникового происхождения, и их истории очень похожи. Одной из самых удивительных черт Миссури является то, что на протяжении более 1450 км ее те-

чения на юг через Южную и Северную Дакоту и дальше до того места, где она поворачивает на восток большой излучиной у Канзас-Сити, у нее отсутствуют притоки с востока. С запада в нее втекают Платт и Ниобрара в штате Небраска, Уайт-Ривер, Шайенн, Моро и Гранд в Южной Дакоте и несколько в Северной Дакоте.

Все факты свидетельствуют о том, что в доледниковый период в современном нижнем течении Миссури реки не было. Если тогда эта река и существовала, она, возможно, текла по нынешнему руслу верхнего течения Миссури через штат Монтану, но вместо того, чтобы повернуть на юг после вступления в Северную Дакоту, она, вероятно, продолжала свой путь на северо-восток по нынешнему руслу реки Ассинибойн или вблизи него через южную часть Манитобы и вливалась в доледниковую реку Ред-Ривер около теперешнего города Виннипег. В то время все другие реки, текущие на восток, проходили через обе Дакоты или Небраску, вливаясь в Ред-Ривер или в доледниковую Миссури, так как даже сегодня суша имеет наклон в эту сторону.

Продвигаясь на юг, край большого ледникового языка остановился на линии, идущей от северо-восточной части Монтаны по диагонали через Северную и Южную Дакоту и северо-восточную часть Небраски до Миссури. Нижнее течение всех рек, направлявшихся на восток, было полностью закрыто льдом и толщами морены. Верхнее течение Миссури, тоже блокированное льдом, было обращено на юг и шло вдоль края ледника. Почти сразу же эти реки, стремясь найти выход своим водам, слились вместе, образовав одну реку, нынешнюю Миссури, которая потекла вокруг южного конца огромного ледникового языка в Миссисипи.

Так большой ледник не только изменил курс одной из главных американских рек, которая вместо Гудзонова залива стала впадать в Мексиканский, но и создал живую и даже бóльшую по величине реку. При этом он направил ее русло по окраине обширной центральной низменной равнины Соединенных Штатов, а не прямо через нее, как она должна бы идти. Лед совершил не только это. Он ориентировал русло этой новой большой «Реки Ила» * перпендикулярно руслам десятка других больших рек. Река была как будто перенесена из одного места в другое, где ей не положено было протекать. Но она осталась на новом месте, и сегодня ее асимметричный бассейн напоминает нам о тех страшных силах, которые может развязать природа.

* Так в Америке называют реку Миссури. (Прим. перев.)

СУША ПОЯВЛЯЕТСЯ СНОВА

В шхерах Репло, на островах, расположенных неподалеку от побережья Финляндии, у самой узкой части Ботнического залива, живет группа людей, пользующихся привилегией, какой обладают немногие обитатели Земли, — возможно, никто за пределами Финляндии. Каждые 50 лет, в течение многих поколений, они делят между собой новую сушу, которая появляется из моря.

Земля, на которой живут эти люди, находится недалеко от центра прежнего фенно-скандинавского ледникового покрова. Под тяжестью этого теперь давно уже исчезнувшего льда она опустилась на 300 м. Но с тех пор как лед исчез, поверхность суши стала подниматься — в настоящее время со скоростью 90 см в столетие — по направлению к уровню, на котором она находилась до того, как была закована в лед.

Так как речь идет о низине, окруженной мелководьями, то уже при подъеме на несколько десятков сантиметров большие участки морского дна превращаются в сушу. Карты шхер Репло XVII и XVIII веков очень отличаются от современных. Появились сотни новых островов, а более старые расширились и слились с другими. В 1760 году было три больших острова, но к 1850 году пролив между ними исчез. Еще через 100 лет два оставшихся больших острова соединились в один.

По мере того как появляется новая суша, которую можно использовать для сельского хозяйства, жители шхер, главное занятие которых — рыбная ловля, изо всех сил стараются сохранить проливы открытыми для лодок и нерестящихся рыб. Но в конце концов они сдаются, так как эти водные пути превращаются сначала в болота, а потом в луга.

Вероятно, это единственное в мире место, где новая суша появляется так быстро. Когда ледник покрывал Финляндию, большие пространства ее территории, подобно Антарктиде сегодня, находились ниже уровня моря.

Насколько ледниковый покров может прогнуть земную кору? Это зависит от нескольких факторов: от плотности льда, мощности ледникового покрова и плотности пород, залегающих под ним. Опускание суши будет продолжаться до тех пор, пока не будет достигнуто равновесие по отношению к тяжести груза. Это расстояние, по-видимому, равно приблизительно одной трети толщины льда. А после того как ледниковая нагрузка исчезает, суша медленно возвращается к своему первоначальному уровню.

С начала большого отступления ледника, грубо говоря — 10 тысяч лет назад — суша вдоль западного побережья Ботнического залива, где мощность льда была наибольшей, вероятно, поднялась более чем на 450 м. И если наши расчеты верны, для достижения равновесия ей нужно подняться еще на 210 м. В не-

которых районах Западной Антарктиды, если бы оттуда был удален весь лед, суша поднялась бы почти на 800 м.

Эти поднятия и опускания земной коры происходят вследствие того, что вещество, находящееся под нею, течет под высоким давлением, и когда земная кора под воздействием толщи льда давит на него, оно начинает перемещаться кнаружи, вызывая поднятие соседних участков. Когда ледниковая нагрузка устраняется, перемещенное тяжелое подкоровое вещество возвращается на прежнее место, выталкивая более легкие массы вверх, пока они снова не окажутся в равновесии с поддерживающей их более тяжелой породой.

Поднятие опущенных глыб земной коры вызывает оседание окаймляющих эти глыбы районов. Это наблюдается как в Северной Америке, так и в Скандинавии, где области, не испытавшие оледенения, медленно опускаются. Однако этот процесс не оказывает заметного влияния на рельеф суши, находившейся по соседству с территориями, покрытыми ледниками, возможно, потому, что горизонтальное подкоровое течение происходит на большой глубине.

Легкая глыба может погружаться в более плотный подкоровой слой только при условии, что на нее давит тяжелый груз. Такое пластическое поведение пород напоминает течение льда внутри ледника, но горные породы текут бесконечно медленнее. Все это объясняет, почему еще сегодня, через несколько тысяч лет после исчезновения последних остатков прежних ледниковых покровов, наблюдается постоянное поднятие суши в Скандинавии и восточных областях Северной Америки.

Состояние равновесия земной коры получило название *изостазии*. Оно было введено в употребление только в 1871 году, хотя еще в 1865 году Т. Ф. Джэмисон выдвинул этот принцип, чтобы объяснить образование морских отложений над уровнем моря вокруг тех районов Британских островов, которые раньше были покрыты ледниками. Какой нужен груз, чтобы вызвать оседание земной коры? Мы знаем, что большие ледниковые покровы могут это сделать. А меньшие тяжести? Острова архипелага Шпицберген несколько тысяч лет назад были покрыты ледником величиной приблизительно с Западную Виргинию*. Морские пляжи, которые теперь находятся на высоте около 18 м над уровнем моря, указывают на то, что лед здесь, вероятно, давил на земную кору, так как суша начала подниматься на эту высоту по мере того, как уменьшался груз отступающего ледника.

Есть основания полагать, что земная кора может опуститься под действием еще меньших нагрузок. Старые береговые линии озера Бонневилл приблизительно на 18 м выше на островах в середине ложа озера, чем вдоль его краев. По-видимому, давление

* Площадь Западной Виргинии около 63 000 кв. км.

воды было достаточно большим, чтобы заставить кору погрузиться под центром этой древней толщи воды по крайней мере на 18 м.

Человек — творец больших дел. Он проник в недра Земли при помощи сейсмографа и начал узнавать тайны космоса. Правда, он еще не научился жить в дружбе со своими собратьями на Земле, но может запустить снаряд точно в нужную ему цель, удаленную на много и много километров, знает, как контролировать ядерную энергию, и добился некоторых успехов в изменениях климата. Поэтому не следует удивляться, что человек, подобно природе, способен поместить на земную кору груз, достаточно тяжелый, чтобы придавить ее. И он это делает при помощи воды.

Что совершил человек, перегородив реку Колорадо Гуверовской плотиной и создав озеро Мид, как не обрушил, и довольно неожиданно, на земную кору добавочный груз воды весом в 12 миллиардов тонн? К тому времени, когда водохранилище наполнилось, участок земной коры, на котором он расположен, стал опускаться и в течение следующих шести лет понизился почти на 13 см. На этой территории поперечником в 50 км ниже всего опустился центр, где вес воды был наибольшим. В этом районе землетрясения и раньше бывали нередко, но после создания озера они случаются гораздо чаще. Ощущались сотни толчков, а тысячи их были зарегистрированы сейсмографами. Они вызываются новыми движениями подкорового вещества вдоль разрывов земной коры, которое до этого, по-видимому, не проявляло активности в течение многих тысяч лет.

Древние морские береговые линии, которые теперь находятся на различной высоте над уровнем моря, рассказывают, насколько Земля поднялась после своего освобождения от груза льда. Все эти древние линии обладают наклоном: чем ближе они находятся к прежнему центру ледника, тем выше расположены; таким образом, основываясь на этом, можно судить об относительной скорости поднятия поверхности земли от места к месту. Береговые линии, которые находятся в десятках метров над уровнем моря близ вершины Ботнического залива, в Дании лежат приблизительно на уровне моря.

Приборы, регистрирующие изменения уровня воды, показывают, с какой скоростью происходит поднятие суши в районе Балтийского моря. От 90 см в столетие у вершины Ботнического залива она уменьшается до 60 см в южной Финляндии и 10 см в Южной Швеции. Город Стокгольм поднимается на 2,5—5 см каждые 10 лет. Линия, за которой не отмечено постоянного поднятия суши, идет через центральную Латвию, южную часть Балтийского моря и город Копенгаген.

В конце концов через какие-нибудь пять тысяч лет, когда вода из Ботнического залива перельется на юг, он превратится

в сушу, и Финляндия и Швеция соединятся на всем их протяжении. Если на южной оконечности Швеции, где поднятие происходит медленно, поверхность суши повысилась бы только на 9 м или немного более, этого было бы достаточно, чтобы отрезать Балтийское море от океана и превратить его в озеро.

В Северной Америке, которая была покрыта, возможно, более мощным ледниковым покровом, земная кора опускалась на такую же глубину, как в Европе, или еще глубже. Но об изостатических колебаниях земной коры в этом районе мы знаем меньше, так как в огромных ненаселенных пространствах Канады, где лед достигал наибольшей мощности, проводится очень мало исследований.

Известно, однако, что земля испытывала опускание к югу до Лонг-Айленда, Кливленда и Милуоки. Об этом свидетельствуют те же следы, что и в Европе: береговые линии, идущие в основном под наклоном, находятся теперь высоко над уровнем моря или озера, вдоль которых они были образованы. Наклон некоторых отдельных поднятых береговых линий показывает, что поднятие не было непрерывным. По-видимому, оно замедлялось или совсем прекращалось, когда отступление ледника приостанавливалось или когда он немного надвигался вперед. Чем быстрее шло отступление ледников, тем на большую высоту поднималась суша.

Поднятие поверхности суши наиболее заметно вдоль прежних берегов озера Агассица. Герман-Бич лежит на высоте 323 м над уровнем моря. В 240 км к северу береговая линия на 30 м выше; на протяжении 120 км от этого места до Интернациональной границы* она поднимается еще на 30 м.

Береговые линии, образованные волнами озера Чикаго и другими ледниковыми Великими озерами, ведут себя таким же образом. Самые высокие древние берега вдоль побережья Ньюфаундленда, Лабрадора и Канадских арктических островов, как сообщают, подняты над уровнем моря больше чем на 420 м.

Итак, когда Северная Америка была придавлена огромным грузом льда — так же, как Антарктида сегодня — материковая отмель от Новой Англии до северного Лабрадора была на десятки метров ниже, чем теперь, а большие участки окраин материка погрузились намного ниже уровня моря. Когда лед окончательно отступил, опущенная суша, не успевавшая подниматься вслед за отступанием ледника, затоплялась морем. В прибрежных районах штата Мэн большие вытянутые заливы вдавались в долины Пенобскот и Кеннебек на 120 км. В продолжение некоторого времени Гудзонов залив был в два раза больше, чем теперь.

Когда край ледникового покрова остановился у гор Адирон-

* Так американцы называют границу между США и Канадой.

дак и у гор северной части Новой Англии, он блокировал море со стороны долины реки Св. Лаврентия. Но как только лед отступил на север, море не только затопило всю долину, но влилось в бассейн озера Онтарио, дойдя до долины реки Оттавы и озера Шамплейн и образовав залив, который Джек Л. Хью, специалист по истории Великих озер, называет морем Св. Лаврентия. Если бы сегодня можно было воссоздать это море, капитаны самых больших океанских лайнеров спокойно повели бы их над крышами высочайших зданий Монреаля и Оттавы, так как здания эти находились бы на глубине 150 м под водой.

Откуда известно, что море Св. Лаврентия существовало? В отдельных местах все еще видны древние пляжи (некоторые возвышаются на 210 м над уровнем моря), а большие участки суши, прежде находившиеся под этим длинным морским рукавом, теперь покрыты глинами и песками, смытыми с донной морены, лежавшей на соседних возвышенностях. Эти отложения содержат раковины морских моллюсков и скелеты рыб и тюленей.

Правда, мало кто надеялся отыскать скелет кита на склоне горы Вермонт, но все-таки его там нашли — в толще глины в 120 м над озером Шамплейн, близ границы Квебека.

Аналогичные находки сделаны даже в еще более высоких местах около Монреаля и Квебека. Как погибли эти водные гиганты — неизвестно, но самый факт, что эти кости были найдены, представляет собой бесспорное доказательство того, что море Св. Лаврентия было и что с тех пор как оно исчезло, суша поднялась на несколько десятков метров.

Море Св. Лаврентия, вероятно, существовало около двух тысяч лет, так как поднятие уровня воды в нем, когда талые воды вливались в него из быстро отмирающих ледников, происходило быстрее, чем повышение поверхности суши, когда лед освободил ее. Но при дальнейшем отступании ледника подъем уровня воды в море замедлился, и из воды стала появляться суша. Когда северо-восточный край котловины Онтарио поднялся до уровня моря, море отступило и образовалось озеро, которое впоследствии, с небольшими изменениями, превратилось в нынешнее озеро Онтарио.

А поднятие суши продолжается — не так заметно, как в шхерах Репло, но достаточно быстро, чтобы произвести важные изменения на протяжении человеческой жизни. Сейсмолог Бено Гутенберг высчитал, что в Гудзоновом заливе и вокруг него, где прежний ледниковый покров был особенно мощным и где скорость поднятия суши наибольшая, — чтобы достигнуть равновесия, суше нужно «всплыть» еще на 240—270 м, причем общее поднятие будет тогда равняться 610 м. Когда это произойдет, почти весь Гудзонов залив превратится в сушу. Вначале поднятие этого района, по-видимому, происходило со скоростью 6 м в столетие. Эти данные получены и много раз проверены путем

радиоуглеродного датирования раковин, взятых в различных местах вдоль древних наклонных береговых линий. Теперь подъем суши, возможно, происходит со скоростью только 60 см в столетие, но процесс этот продолжается.

К югу поднятие суши уменьшается, но измерения показывают, что оно имеет место до линии, идущей от Бостона вдоль границы между штатами Нью-Йорк и Пенсильвания, через озеро Эри, пересекая штат Мичиган к северу от Детройта и Гранд-Рэпидз, и через центр озера Мичиган. Итак, благодаря тому, что ледниковый покров продолжает оказывать свое влияние долго после того, как сам он исчезает (так как происходит поднятие тех пространств, на которые он раньше давил своим грузом), насыщенная событиями ледниковая история Великих озер еще не завершена. Нынешнее поднятие суши в долине верхнего течения реки Св. Лаврентия происходит со скоростью более 30 см в 100 лет; в районе Ниагарского водопада эта скорость падает до 18—25 см. Если поднятие суши далее к югу будет продолжаться еще несколько тысяч лет — а специалисты считают, что так оно и будет, — есть вероятность, что сток озер в реку Св. Лаврентия окажется отрезанным, и озерам Онтарио и Эри придется искать другие выходы. Возможно, это будут те пути, которыми они временно пользовались в более ранние периоды их ледниковой истории.

В то время как суша появляется вдоль северных берегов Великих озер — а они поднимаются на 50 см каждые 100 лет, — она из-за своего наклона в эту сторону погружается в воду вдоль южных берегов, так как вода с севера буквально натекает на них. Поэтому со временем все большие и большие массы воды из Великих озер будут уходить через Чикагский канал. Если пролив Макинак, который теперь поднимается почти на 25 см каждые 100 лет, будет отрезан, вся вода из озера Мичиган или большая ее часть достигнет моря через реку Миссисипи, как это не раз имело место за последние несколько тысячелетий.

МОРЯ ПРИХОДЯТ И УХОДЯТ

С тех пор как рыбаки начали тянуть свои тралы по дну Доггер-Банки в центре Северного моря, вместе с рыбой они поднимают самые удивительные предметы и материалы, которые когда-либо извлекали из моря. Эти ненужные им вещи рыбаки сбрасывают в более глубокие воды, где они уже не смогут снова портить их сети. Среди находок встречаются торф, остатки деревьев и кости больших наземных млекопитающих, включая мамонтов, шерстистых носорогов, мускусных быков, оленей и других животных. Была даже выловлена острога, которой пользовался человек каменного века.

Хотя бóльшая часть этой добычи выбрасывалась, ученым все же досталось столько, что они смогли воссоздать картину прошлого. В течение последней ледниковой стадии (висконсинской, или вюрмской) ледники всего мира сковали столько воды, что уровень моря был тогда по крайней мере на 76 м ниже, чем теперь. Дно Ла-Манша и южной половины Северного моря было обнажено.

На этой стадии оледенения ни Скандинавский ледниковый щит, ни меньший по размерам щит на севере Британских островов не простирались за пределы нынешней береговой черты дальше, чем на несколько километров. Таким образом, бóльшая часть дна Северного моря была свободна как от воды, так и ото льда. Когда появилась новая суша, растения находились позади отступающей береговой линии, недалеко от нее. Это был холодный край, в нем господствовали березы, ивы и торфяные болота, и здесь же в течение нескольких тысяч лет существовал человек каменного века, который выжил потому, что превосходил находчивостью мамонта, оленя, бизона и мускусного быка.

Промеры глубин моря обнаружили долины рек, пересекавшие эту ныне затопленную сушу. Река Рейн текла на север через болотистую прибрежную равнину на протяжении 400 км, прежде чем впадала в море на широте южной оконечности Норвегии. На пути реки в нее вливались Темза и другие небольшие притоки с запада. Сена протекала через центр нынешнего Ла-Манша и впадала в море далеко за Лендс-Энд и оконечностью полуострова Бретань. Южные части Англии и Ирландии были соединены, и по низменности между ними струилась река, питавшаяся талыми водами, стекавшими с ледяных шапок, покрывавших остальную часть этих островов. Ирландского моря тогда не было; его северную часть занимал ледник, а южная часть представляла собой сушу. Но, как и обнажившееся дно Северного моря, это был край холодной тундры, болот, ив, берез. Вероятно, она была очень похожа на нынешнюю северную Канаду, за исключением того, что по ней бродили вымершие теперь крупные млекопитающие.

Конечно, понижение уровня моря, благодаря которому Британские острова соединились с континентом, сделало то же самое со многими другими островами во всем мире. Суматра, Борнео и Ява были соединены друг с другом, образуя большой полуостров, связанный через Малайю с азиатским материком. Моря Тимор и Арафура исчезли, связав Новую Гвинею с Австралией, что весьма увеличило размеры этого южного континента. А Цейлон был частью Индостана.

Между устьями рек Делавер и Гудзон, почти у края материковой отмели, были подняты со дна кости и зубы вымерших мускусного быка, американского лося и мастодонта. В то время, когда они жили, море, отступая, обнажило полосу суши в 65—

80 км шириной от мыса Код до мыса Канаверал.* Вдоль побережья Мексиканского залива она была еще шире.

Сегодня Берингов пролив — полоса воды в 80 км, отделяющая Аляску от Сибири, нигде не достигает глубины 45 м. Глубина Чукотского моря, расположенного на 650 км севернее пролива, составляет менее 75 м. О мелководном характере этого моря было известно уже много лет, но окончательно в этом убедились во время перехода подводной лодки «Наутилус» под командованием Андерсона из Берингова пролива к полюсу. Только с большими трудностями лодке удалось пройти Арктический бассейн в погруженном состоянии. Эхолот «Наутилуса» показал, что в среднем глубина равнялась всего 36 м, и лодке с трудом хватало места для маневрирования между основанием пака, достигавшего в некоторых местах 15 м толщины, и морским дном.

В расцвет висконсинской ледниковой стадии дно этого мелководного моря, известное теперь в науке как Беринг-Чукотская платформа, представляло собой низменную, почти плоскую равнину шириной в 960 км, соединявшую два континента. По этому мосту в течение всего его существования, которое, возможно, длилось большую часть висконсинского времени, продолжавшегося 70 тысяч лет, происходила миграция животных между восточным и западным материками, и через этот мост в Северную Америку впервые проникли не только многие виды животных, но и человек.

Что представляла собой эта территория, этот мост между Евразией и Северной Америкой, этот перешеек, который был раз в 10 шире Панамского? Вероятно, она немногим отличалась от земель, лежащих по обе стороны пролива сегодня. Климат был холоднее, так как ледниковый период был в разгаре, но, подобно большой центральной долине на Аляске, она не была покрыта ледником. Поэтому не было льда, который мешал бы движению через перешеек.

Деревья — сосна, ель, пихта и другие — с востока и запада проталкиваются к Берингову проливу, но не могут достичь его. Почти весь полуостров Сьюорд безлесный. Ель, растущая в западных районах Аляски, не доходит до пролива более чем на 240 км. В Сибири ель не растет на территории шириной в 2250 км. Хотя несколько других видов деревьев продвинулись ближе к проливу, безлесная тундра, отделяющая восточное полушарие от западного, имеет добрых 1450 км в ширину. А в течение ледниковых стадий, когда Беринг-Чукотская область находилась выше уровня моря, две границы лесной растительности — одна в Азии, а другая в Северной Америке, — должно быть, отошли еще дальше от перешейка. Доказательства этого лежат

* После гибели президента США Дж. Кеннеди этот мыс переименован в мыс Кеннеди.

в болотах эпохи плейстоцена на полуострове Сьюорд. В этих мусорных корзинах древних времен представлены только тундровые растения. Пыльцы же с деревьев здесь нет. Растительность тундры из восточного и западного полушарий встретилась и смешалась на Беринг-Чукотской равнине и распространилась в приполярные районы. Но леса с востока и запада не установили контакта.

По мнению геолога Давида М. Гопкинса из Геологической службы США, проводшего много времени в районах, граничащих с Беринг-Чукотской платформой, леса Аляски и Чукотского полуострова на другой стороне Берингова пролива не находились в соприкосновении уже с начала плейстоцена. Хотя сосна, ель и пихта на стороне Аляски очень мало отличаются от сосны, ели и пихты на сибирской стороне, нет ни одного вида деревьев, которые встречались бы и на Аляске, и в Сибири. Гопкинс считает, что это обстоятельство само по себе является веским, хотя и косвенным свидетельством того, что эти две лесные области не соединялись в течение долгого времени.

Человек пользовался этим перешейком не просто как проходом из Старого света в Новый; он жил на нем в благоприятной для него, хотя и суровой, окружающей среде. Вместе с ним там обитали мамонт, олень, бизон, мускусный бык и хищники, которые питались ими.

Первобытный человек не мог путешествовать очень быстро, но, подобно английскому воробью, он понемногу передвигался. Пока одни жили на Беринг-Чукотской платформе, другие медленно, но верно распространялись на юг и занимали свободную ото льда часть огромного пустого континента.

Но вот ледниковый покров стал убывать, и воды Тихого и Ледовитого океанов начали все дальше и дальше вторгаться на Беринг-Чукотскую равнину. Метр за метром человек должен был уступать этот богатый зверем край морю. Наконец, 11 тысяч лет назад, когда вода в море поднялась до уровня на 42 м ниже нынешнего, суша, служившая мостом между Аляской и Сибирью, покрылась водой. Одни люди стали жить на одной его стороне, другие — на противоположной.

Но на этой стадии истории человек все еще населял Доггер-Банку и леса, покрывавшие Ла-Манш. Большинство растений и животных, которые обитали в Великобритании и Ирландии в предыдущую межледниковую стадию, было уничтожено или изгнано льдом вюрмского времени. Но когда ледниковая шапка начала сокращаться, растения и животные стали переходить с материка на новые земли, освобожденные ото льда. Многие добрались до Англии. Меньше дошло до Ирландии, которая почти полностью была покрыта льдом, прежде чем возвращение талой воды в море снова создало Ирландское море и положило конец дальнейшей миграции растений и животных из Британии

и с материка. Итак, по сей день на Изумрудном острове нет змей, потому что ледники Британских островов — а не Святой Патрик — изгнали их, а большие ледниковые покровы, возвращая талую воду в море, помешали им вернуться назад. И все же ящерицы, саламандры и жабы (хотя и по одному виду) смогли добраться туда с материка, прежде чем за ними замкнулось море.

Возвращению многих видов растений и животных в Ирландию также помешал поднимающийся уровень моря; в Ирландии гораздо меньше видов растений, чем в Британии. Из деревьев туда так и не возвратились липа и бук. Эту разницу во флоре можно отчасти объяснить значительно бóльшим разнообразием климатических условий в Британии, в которой есть все — начиная от арктически-альпийского холода в Шотландских горах до мягкого климата в Саут-Даунсе и на побережье графства Сассекс. Однако эта разница в количестве видов слишком велика, чтобы ее можно было объяснить, не ссылаясь на водный барьер, изолировавший Ирландию за последние восемь тысяч лет или более.

Англия оставалась связанной с остальным континентом в продолжение несколько большего времени. Восемь тысяч лет тому назад Доггер-Банка все еще была полуостровом в Северном море, а Англия была частью континента благодаря полосе суши почти в 500 км шириной. Ирландия же к этому моменту была уже изолирована. Только через тысячу лет Северное море и Ла-Манш, наконец, соединились и отделили Англию от материка, положив конец всякому вторжению сюда растений, животных и людей сухопутным путем. Правда, за этот промежуток не только змеи, но и многие другие животные, так же как и сонмы растений, успели пересечь промежуточные низменности по своему собственному почину и обосноваться на будущем острове.

ЧТО СТАНЕТ С МИРОМ ЛЬДА?

Что предпримут ледники в дальнейшем? Какими будут последствия их деятельности? Они оказывают такое огромное влияние на жизнь всего земного шара и в состоянии производить такие коренные изменения на нашей старой планете, что есть все основания интересоваться, как проявит себя Мир льда в будущем.

Нам, конечно, многое известно о прошлом ледников и благодаря наблюдениям над ледниками, которые ведутся повсеместно, над морским и подземным льдом, мы довольно хорошо знакомы с тем, что сейчас происходит с ними. Мы знаем, что климат изменялся в прошлом и изменяется еще и теперь, и мы не знаем ничего такого, что сможет помешать ему изменяться в будущем.

Но тот факт, что время, в которое мы живем, — век льда — это самый необычный период в истории Земли, остается непреложным.

Если бы этот период был нормальным, население Центральной Европы и северных районов Соединенных Штатов, вероятно, наслаждалось бы субтропическим климатом. Поэтому самые любознательные из нас хотели бы знать, что порождает более холодные периоды, которые в долгой истории Земли наступали так редко.

Некоторые твердо придерживаются мнения, что крупные климатические изменения, дающие начало ледниковым эпохам, отличаются не сущностью, а только масштабами от тех перемен, какие имели место в течение всего плейстоцена и продолжают происходить и теперь. Говорят, что изменения в составе атмосферы, особенно зависящие от содержания в ней двуокиси углерода, водяного пара и вулканического пепла, вместе с изменениями интенсивности солнечной радиации и являются причиной климатических перемен.

Однако изменения в количестве двуокиси углерода и водяных паров, хотя они и могут вызвать небольшие климатические колебания, неспособны настолько охладить атмосферу, чтобы породить ледниковый период. Для этого атмосфере пришлось бы

потерять половину своей влаги, и никто не представляет себе, почему и как это могло бы случиться. Что же касается двуокиси углерода, то расчеты показали, что огромное увеличение ее содержания в атмосфере за последнее время, вызванное сжиганием минерального топлива, все же недостаточно велико, чтобы этим можно было объяснить потепление климата Земли, имевшее место в этот же период. Кроме того, концентрация двуокиси углерода никогда не может быть очень высокой, так как ее поглощает морская вода.

Итак, очевидно, что ни двуокись углерода, ни водяной пар сами по себе не могут быть причиной наступления ледниковой эпохи. Вулканическому пеплу тем более не справиться с такой задачей, так как для создания нужных климатических условий его содержание в атмосфере должно было бы оставаться очень высоким на протяжении многих сотен, если не тысяч лет. Самое большее, что могли сделать Катмай, Кракатоа и другие вулканы своими извержениями, — это понизить температуру воздуха на два-три года.

Таким образом, остается сделать заключение, что причиной, вызывающей ледниковую эпоху, являются изменения в количестве солнечной радиации. Здесь мы, возможно, недалеко от истины, так как установлено, что климатические колебания, которые наблюдались недавно, тесно связаны с изменением числа солнечных пятен и, следовательно, с изменениями в количестве солнечной радиации. А энергия, излучаемая Солнцем, — это, в сущности, единственная сила, управляющая всеми атмосферными процессами. И все же у этой теории есть свои слабые места. Если бы, например, в начале плейстоцена горных цепей было бы столь же мало, как в продолжение большей части геологического времени, а средняя высота континентов над уровнем моря была бы такой же небольшой, понижение снеговой линии из-за уменьшения солнечной радиации не могло бы вызвать ледникового периода. За исключением Антарктиды, снеговая линия не окаймляла бы достаточно больших ареалов, чтобы вызвать крупное оледенение.

Но как раз перед началом плейстоцена и в плейстоцене земная кора претерпела огромные превращения. Высоко поднялись горы и материки в целом. Снеговая линия окружила многие горные массивы и высокие плато. Лед из возвышенностей распространился на низменности, и наступил расцвет ледниковой эпохи. По мнению профессора Флинта, именно эта причина породила ледниковый период плейстоцена и все другие большие оледенения.

Возможно, что поднятие континентов и образование горных цепей послужили причиной возникновения ледниковых эпох, но это, конечно, не может объяснить чередование ледниковых и межледниковых эпох, которые имели место в плейстоцене и,

предположительно, в более ранние периоды. Горные цепи, выросшие в начале плейстоцена, и сейчас на месте. Большинство их имеет почти такую же высоту, как и в максимуме висконсинской (вюрмской) ледниковой стадии. А некоторые стали даже выше. Флинт объясняет возникновение ледниковых эпох тем, что образование гор по времени совпадало с ослаблением солнечной радиации; последующие небольшие изменения в количестве солнечной радиации влекли за собой поднятия или опускания снеговой линии и, таким образом, вызывали чередования ледниковых и межледниковых стадий и небольшие колебания в общей массе льда. По мнению Флинта, изменения интенсивности солнечной радиации происходили постоянно, но привести к оледенению они могли только в эпохи усиленного горообразования.

По другим предположениям, ледниковые эпохи возникают в результате потепления, а не похолодания климата. Эта теория исходит из того, что оледенение может возникнуть только как следствие усиленного выпадения снега. А увеличение количества осадков в северных широтах является результатом сильного испарения, на что требуется дополнительное количество тепла. Противники этой теории выдвигают такое возражение — повышение температуры дало бы увеличение осадков скорее в виде дождя, а не снега, и более вероятно, что возникла бы очень дождливая межледниковая стадия, а не ледниковая. А геологические данные говорят, что все межледниковые периоды были скорее сухими, чем влажными. Кроме того, в течение ледниковых стадий снеговая линия была на 900 м ниже, чем в межледниковые, что вряд ли было бы возможно, если бы климат становился теплее. Как показывает соотношение изотопов кислорода в раковинах фораминифер, температура воды в тропических морях в течение ледниковых стадий определенно понижалась.

Профессора Морис Юинг и Уильям Донн из Колумбийского университета создали привлекательную гипотезу, которая, по их мнению, хорошо объясняет причины климатических колебаний и наступаний и отступаний ледников. Так как максимальная температура каждой межледниковой стадии плейстоцена была приблизительно одинаковой (почти такой же, как современная), климатическими изменениями в эпоху плейстоцена управлял «внутренний, саморегулирующийся механизм», а не внешние силы вроде изменений в солнечной радиации.

Если отбросить осложняющие факторы, которые есть в любой теории, Юинг и Донн, по существу, придерживаются того взгляда, что арктические и субарктические ледники ныне сокращаются потому, что весь Северный Ледовитый океан покрыт льдами. Это кажется странным, но посмотрим, как авторы рассуждают дальше. Они говорят: Северный Ледовитый океан холодный (и поэтому покрыт льдом), так как нынешний относительно низкий уровень Мирового океана сильно ограничивает

тоступление теплых атлантических вод в Арктику через довольно мелководные проливы в районе Исландии и Шпицбергена.

Покрытый льдом Северный Ледовитый океан дает очень мало влаги для питания гренландского ледникового покрова и других ледников в высоких широтах. Поэтому ледники эти сокращаются, возвращая воду океанам. Уровень моря поднимается, и между Северным Ледовитым океаном и северной частью Атлантики возникает взаимный обмен водами через проливы около Исландии и Шпицбергена. Благодаря этому воды северной Атлантики охлаждаются, а Северного Ледовитого океана — нагреваются, в результате чего полярный паковый лед тает.

Вследствие более усиленного испарения воды из незамерзшего Северного Ледовитого океана количество осадков, выпадающих на близлежащую сушу, будет увеличиваться, и ледники снова начнут расти. Их рост вызовет падение уровня моря, и когда уровень воды в проливах между Северной Атлантикой и Северным Ледовитым океаном станет критически низким, водообмен между этими акваториями ослабеет и весь Северный Ледовитый океан снова оденется в лед. Достигнув максимальных размеров, ледники, почти лишенные источника влаги для своего питания, снова начнут таять. Таким образом, ледниковые и межледниковые стадии будут сменять друг друга, возможно, еще 500 тысяч лет или около того.

Снижение снеговой линии и рост ледников в других частях Земли, особенно в горных цепях, расположенных далеко от Северного Ледовитого океана, Юинг и Донн объясняют изменениями в атмосферной циркуляции, на которую влияют открытый Северный Ледовитый океан, охлажденные воды Атлантики и рост ледников в северных широтах.

Саморегулирующийся механизм попеременно открывающегося и замерзающего Северного Ледовитого океана может быть причиной чередований ледниковых и межледниковых стадий, но он не может объяснить, как началась ледниковая эпоха плейстоцена или другой какой-нибудь эры.

Используя теорию, выдвинутую много лет назад, Юинг и Донн объясняют возникновение ледниковой эпохи перемещением полюсов. Если бы Северный полюс находился в северной части Тихого океана, а Южный полюс — в Южной Атлантике, ледниковая эпоха не наступила бы, так как благодаря океаническим течениям теплые экваториальные воды легко смешивались бы с водами полярных районов. Климат на Земле был бы более однородным и значительно более мягким. По Юингу и Донну, нынешняя ледниковая эпоха началась в то время, когда полюс мигрировал из северной части Тихого океана в пределы закрытого Арктического бассейна. Земля будет переживать попеременные вторжения и отступления больших ледников до тех пор, пока Северный полюс будет оставаться внутри этого обособлен-

ного бассейна. А быстро увеличивающийся объем данных указывает, что континенты и полюса не всегда находились в том положении, какое они занимают сегодня.

Внутри застывшего потока лавы вкраплено много минеральных частиц, содержащих железо, намагниченное магнитным полем Земли. Когда эти частицы, сами представляющие собой маленькие магниты с положительным и отрицательным полюсами, движутся в жидкой расплавленной среде, они ориентируются в ней по направлению магнитного поля Земли. Таким же образом ориентируются намагниченные зерна в отложениях, вносимых рекой в море. После того как лава застывает и превращается в твердую породу, а осадки уплотняются, ориентация микроскопических намагниченных частичек остается неизменной. Она и рассказывает о положении магнитных полюсов во время образования породы. Если, как считают многие ученые, магнитные и географические полюса всегда находились на относительно близком друг от друга расстоянии, палеомагнетизм этих крошечных намагниченных зернышек заключает в себе разгадку когда-то происходивших колебаний полюсов.

Специалисты, занимающиеся проблемой перемещения полюсов, вывели из этого факта заключение, что Северный полюс смещался по линии, которая начинается близ западного побережья Северной Америки, пересекает центральную часть Тихого океана у Гавайских островов, а затем идет к Японии и Азиатскому материку. Все это произошло в докембрийское и палеозойское время. В мезозойскую эру Северный полюс перекинулся на северо-восток через Сибирь и около начала кайнозойской эры вошел в Северный Ледовитый океан. Но приблизительно за последние 20 миллионов лет заметных изменений в его положении, по-видимому, не произошло. Если все это верно, ледниковая эпоха Юинга и Донна запоздала на несколько миллионов лет.

Ученые еще не пришли к единому мнению относительно движения полюсов и дрейфа континентов и даже причин возникновения ледниковых эпох. Но никто не сомневается в существовании ледниковой эпохи плейстоцена и в том, что она продолжается и сейчас. Мы знаем, где ледники зародились и куда они распространились. Мы узнали, что происходило с растениями и животными, когда лед наступал, а затем отступал. Мы можем видеть, что он сделал с земной корой, с рельефом и морями. Мы, кроме всего, определили время этих событий.

Теперь ученым осталось разрешить некоторые неясные вопросы и прийти к общему соглашению по нескольким наиболее трудным проблемам. А так как этими вопросами занимается целая армия увлеченных людей, можно надеяться, что ответы на них не заставят себя долго ждать. Вряд ли у кого-нибудь вызовет удивление, если в ответ на вопрос, каковы причины возникновения ледниковой эпохи и почему она продолжает существо-

вать, будут перечислены несколько факторов — солнечная радиация, перемещения полюсов, горообразование, замерзание и оттаивание Северного Ледовитого океана и другие.

Можно ли, основываясь на наших знаниях того, что произошло в прошлом, предсказать будущие события?

Большинство геологов считает, что мы сейчас живем в ледниковую эпоху и что, как предполагают многие из них, огромные ледники снова покроют Северную Америку и Европу. Есть некоторые данные в поддержку этой точки зрения и очень мало — против нее. Бесполезно оспаривать мнение, что климат сегодня не регулируется теми же силами, какие управляли им в течение тысяч лет. С тех пор как ледники отступили за Великие озера, прошло гораздо меньше времени, чем то, которое занимала какая-нибудь крупная межледниковая стадия эпохи плейстоцена. Если мы сейчас живем в межледниковое время, то, исходя из продолжительности некоторых прежних межледниковых стадий, нынешняя проделала несколько меньше половины своего пути. Если это так, то через какие-нибудь 10—15 тысяч лет ледники снова станут активными. Что они сделают с сушей — вы знаете: точно то же, что они сделали с ней в прошлом. Но ответить на то, как они обойдутся с человечеством, мы не можем. Много будет зависеть от самого человека.

Похоронят ли ледниковые покровы под собой Берлин, Нью-Йорк и Чикаго, как некоторые предсказывают? Или, может быть, когда ледники продвинутся к ним, этих городов уже не будет и льды потекут по лежащей в вечном покое земле, а раскинутые по ней руины прежних городов будут свидетельствовать о разрушении и упадке древней недолговечной цивилизации? Или, может быть, ко времени следующего ледникового вторжения Нью-Йорк, Кливленд и Чикаго превратятся в один громадный город, колоссальный муравейник, населенный троглодитами, понятия не имеющими о том, что творится за пределами их ограниченного горизонта и живущими под железным контролем людей и сил, о которых они ничего не знают? Или это место будет стерто с лица Земли рукой человека, и, продвигаясь, лед предоставит природе возможность обновить эту землю и снова оставить на ней свои отпечатки?

Но давайте предположим (будем уповать на это), что человечество научится планировать свое будущее и регулировать свою численность в зависимости от окружающей среды, так что у него будет будущее, и что через 10—15 тысяч лет там, где находятся Берлин, Нью-Йорк и Чикаго, тоже будут города, не очень отличающиеся по размерам от ныне существующих.

Что же произойдет? Было бы очень опрометчиво заявлять, как это делают некоторые, что эти города ожидает уничтожение под натиском льда. Нарисуем более реалистическую картину.

Прежде всего на основании температурных кривых за послед-

ние несколько тысяч лет можно заключить, что до того, как северные части Северной Америки и Европы испытают новое нашествие, вероятно, будет происходить усиленное таяние существующего льда. Если бы наступил период, подобный гипситермальному (6000—500 годы до нашей эры), когда температура была на несколько градусов выше современной, уровень моря поднялся бы на 90—180 см. Хотя в продолжение сотен лет вода заливала бы низкие болотистые прибрежные земли, ее влияние на приморские города и на жизнь людей в примыкающих к ним районах было бы ничтожным.

Более важен вопрос о том, что произойдет в засушливых областях, население которых уже и теперь с трудом удовлетворяет свои потребности в воде. Несомненно, что эти территории станут еще засушливее, и многие из них превратятся в пустыни.

Если бы снеговая линия значительно поднялась над горами нашего Запада, это привело бы к тому, что весной и летом снег и ледники не давали бы достаточного количества талой воды, необходимой для орошения полей и водоснабжения городов. Много пахотных земель превратилось бы в луга, а пастбища — в пустоши. При таких обстоятельствах люди, очевидно, станут переселяться на более влажные земли.

Конечно, может случиться, что к тому времени работы по опреснению морской воды смягчат или вообще снимут эту проблему, но нельзя забывать о множестве потенциально засушливых земель, которые находятся далеко в глубине материка. Теперь представьте себе, какая возникнет проблема, если на этих землях поселится в 5, 10 или 100 раз больше людей и опресненную морскую воду нужно будет транспортировать по всему континенту!

Ну, а если, наконец, придут сами ледники, что ждет наших отдаленных потомков? Когда лед распространится по центральной части Северной Америки, озеро Агассица, как это бывало в прошлом, снова возродится. Но по мере приближения ледников охлаждение климата настолько сократит вегетационный период в прериях Манитобы, что многие фермеры и все те, кто связан с сельскохозяйственным производством, переберутся в другие места прежде, чем наступающие воды озера зальют их земли. Чтобы сохранить города, когда воды озера дойдут до них, вокруг городов построят дамбы, а канал стока из озера будут углублять, чтобы, насколько возможно, задержать подъем уровня воды в озере.

Наступление озера и льда через прерии не вызовет никакой катастрофы: битва человека с природой, вероятно, будет продолжаться несколько тысяч лет. В некоторых местах на смену крупному земледелию в конце концов придет мелкое натуральное хозяйство, которое, в свою очередь, уступит место кочевому образу жизни, пока, наконец, сами ледники не надвинутся на эти

земли. Медленно отступая перед ледниками и поднимающейся водой, человек будет биться с ними на всем пути. Но до тех пор, пока ледник не остановится сам, борьба эта будет неравной: в ней люди, живущие на севере, окажутся побежденными, но в армии людей, добывающих себе средства к существованию на землях, лежащих к югу от ледника, будет скрыт зародыш того передового отряда, который когда-нибудь, поколение за поколением, снова двинется на север по следам отступающего ледника, чтобы занять территории, некогда погребенные подо льдом. Переселение на эти девственные уголья будет идти по мере потепления климата, но, возможно, не быстрее, чем это имеет место сейчас на Аляске, в северной Канаде, в северной Сибири и в Гренландии.

Что станет с Чикаго или другими большими городами, которые, возможно, раскинутся по южному побережью озера Мичиган, ко времени следующего вторжения льда? Мы знаем ответ. Когда лед снова отрежет пролив Макинак и изолирует Мичиган от других озер, вся его вода будет уходить через озеро Чикаго в Миссисипи. Чикаго и другие приозерные города не будут затоплены, как это произошло когда-то с лесом у Ту-Крикс. Если выход из озера Чикаго не сможет справиться с увеличивающимися массами поступающей воды, его углубят. К тому времени землечерпательные машины достигнут такого совершенства, что углубление каналов и сооружение новых станет просто детской игрой. Как бы то ни было, справиться с водой будет не слишком трудно. Какой-нибудь случайный айсберг, отколовшийся от края ледника, может застрять в канале и вызвать местное наводнение, но такие отдельные непорядки будут быстро устраняться.

Однако другие события могут иметь гораздо более важное значение для жителей городов будущего. За время, пока передний край ледника продвинется по всей длине озера Мичиган, сменится несколько поколений людей. Эти изменения медленные, и каждое отдельное поколение вряд ли их заметит. Но в течение этого времени Чикаго, не сдвинувшись с места ни на пядь, станет субарктическим городом.

Так как вегетационный период будет становиться все короче и короче, посевы злаков станут отодвигаться все дальше и дальше на юг, и даже молочный скот штата Висконсин (если для производства молока люди в те времена все еще будут пользоваться такой неэффективной машиной, какой является корова) откочует к Иллинойсу и Кентукки.

Еще задолго до того, как лед подойдет к проливу Макинак, объем перевозок по озеру сильно уменьшится из-за истощения железных рудников. Но когда само озеро Мичиган окажется под ледником, судоходство по нему совсем прекратится. Сыпучие пески береговых дюн, может быть, снова придут в движение; на

этот раз путь их будет пролегать через развалины огромных сталелитейных заводов. Лишившись своего тыла, город будет медленно, но неизбежно задушен.

С другой стороны, не везде природа проявит такую немилость к человеку. Вследствие перемещения полярного фронта и преобладающих западных ветров к югу засушливые области на всей земле получат больше влаги. Каждое новое поколение владельцев ранчо и фермеров в западных пустынях будет иметь немного больше воды, чем предыдущие. В горах будет выпадать больше снега, а в котловинах — больше дождя. Озера станут увеличиваться, а мелкие водные бассейны в пустынной местности и обнаженные соляные пласты медленно покроются водой и образуют новые постоянные озера. Равнины к востоку от гор тоже испытают на себе благотворное воздействие новой плювиальной эпохи.

Такие же изменения произойдут в Сахаре, в огромных пустынях внутренних областей Азии и на других обширных засушливых пространствах: будет больше снега в горах и больше дождя на низменностях. Старые озера расширятся и возникнут новые.

Если судить по событиям, имевшим место в прошлом, некоторые засушливые районы, может быть, получат больше воды, чем людям нужно. Озера Бонневилл и Лахонтан снова вернутся к жизни, и их поднимающиеся воды заявят свои права на земли, продуктивность которых раньше обеспечивали дожди и сбегаящая с гор вода.

Когда наступит новая плювиальная эпоха, воды Бонневилла начнут медленно подкрадываться к источенным волнами уступам береговых линий Прово и Бонневилла и к порогу древнего стока, где они вольются в верховья реки Снейк у перевала Ред-Рок. Однако маловероятно, что поколения жителей долин будут спокойно наблюдать процесс затопления их плодородных полей, ничего не предпринимая против этого. На этот раз вода станет подниматься не раньше, чем ее глубина в том месте, где сейчас стоит храм мормонов в Солт-Лейк-Сити, достигнет 240 м, а не так, как это происходило, когда старое озеро Бонневилл излилось через перевал Ред-Рок. Специалисты определяют критический уровень, выше которого воде не позволят подниматься. Когда вода достигнет этого уровня, ее избыток отведут на 100 км через огромные акведуки до верховьев реки Портнэф, откуда она направится через реки Снейк и Колумбию в Тихий океан. Другие огромные насосные станции смогут перебросить воду через горный хребет Уосач в реку Колорадо. Это, в свою очередь, тоже поможет держать будущее озеро Бонневилл под контролем.

Было бы интересно поразмышлять и о том, что ожидает самый большой город США в ледниковую стадию через 10 тысяч лет, предположив, конечно, что в то время на том месте, где те-

перь Нью-Йорк, будет город. Задолго до того, как лед достигнет города, разросшиеся ледники отрежут море от его источников питания, и его уровень станет падать. Однако благодаря постоянным дночерпательным работам порт останется судоходным. Но по мере медленного снижения уровня воды портовые сооружения придется передвигать ближе к морю. И город тоже поневоле станет распространяться по направлению к отступающему берегу. Когда лед достигнет долины реки Св. Лаврентия, уровень моря упадет уже более чем на 15 м, и порт Нью-Йорк окажется на нынешней материковой отмели, на много миль дальше от современного входа в нижнюю гавань.

С уходом моря с Беринг-Чукотской платформы противоположные берега Берингова пролива начнут медленно сближаться, и подводным лодкам придется пользоваться каким-нибудь каналом, чтобы пройти из Тихого океана в Северный Ледовитый. А по болотистой почве, устилающей теперь дно Северного моря и Ла-Манша, снова будут ходить люди и животные.

Но кто возьмет на себя смелость делать какие-нибудь предсказания о состоянии цивилизации к периоду следующего вторжения льда?

Нас отделяет от него слишком много времени. Даже если бы наступание льда началось сейчас или если бы оно уже активно развивалось и успело привести ледниковые покровы на высоты Лабрадора и северного Квебека, — кто мог бы сказать, с чем встретится лед на своем пути, когда он достигнет Нью-Йорка и Чикаго? Ведь это произошло бы по меньшей мере через тысячу лет, а вероятнее всего — через пять тысяч. А за это время многое может случиться с человечеством.

Есть основания считать, что ледник никогда не дойдет до Нью-Йорка и никогда вновь не распространится на район Великих озер, как это было в вальдерское время, и что с каждым последующим наступанием он будет занимать все меньшее пространство. После любого ледникового вторжения высота суши уменьшается. Стоит только посмотреть на глубоко выпаханные цирки, U-образные долины и останцовые пирамидальные пики, и мы с удивлением заметим, каких размеров достигает разрушающее действие ледников. От некоторых горных цепей, переживших одно-два больших ледниковых нашествия, остались только разбросанные пирамидальные вершины. На них уже больше нет обширных высокогорных участков, где может скапливаться снег, образующий ледники. В последующие периоды похолодания с понижением снеговой линии лед будет накапливаться все в меньших и меньших количествах. Исключение составят лишь те хребты, которые растут быстрее, чем их разрушает эрозия. И, наконец, мир снова вернется к блаженным дням ранней кайнозойской эры, даже если полюса останутся в их нынешнем положении.

Но этого нельзя ожидать раньше, чем через 100 тысяч лет, и невозможно предсказать, что́ будет к тому времени с человечеством. Несомненно, что за этот период расцветет и придет в упадок не одна цивилизация. Человек не знает, что́ ждет его уже через 50 лет. Даже самые лучшие руководители, которых он может поставить у кормила власти, не всегда в состоянии определить его будущее на год вперед.

Может быть, человек научится как-то влиять на погоду и климат и тем самым в какой-то мере контролировать мировые запасы льда.

Ученым еще очень многое нужно узнать о последствиях, которые повлекут за собой изменения климата, прежде чем они предпримут необходимые эксперименты. Но прежде всего спросим, кому на пользу будут эти изменения? Уже были попытки на скорую руку решить вопрос о погоде. Посмотрим, какие они дали результаты.

Почти все осадки, выпадающие в штатах Юта и Невада, высокие горы извлекают из влагоносных западных ветров. Нельзя сказать, чтобы эти ветры были слишком влажные, так как Сьерра-Невада выжимает их чуть ли не досуха. Вскоре после того как в 1946 году Винсент Дж. Шеффер и Ирвинг Лэнгмюр вызвали искусственный снегопад, рассеяв сухой лед в облаках над западной частью Массачусетса, Невада тоже прибегла к этому, чтобы удовлетворить запросы лыжников. Юта, превратившая свои лыжные курорты в большие коммерческие предприятия, немедленно пригрозила обратиться в Верховный суд с требованием, чтобы Неваде запретили выкачивать снег из облаков, направляющихся в Юту. Операции по искусственному образованию дождя над Нью-Йорком попали под обстрел со стороны города Бостона, так как появились опасения, что такой дождь отрицательно скажется на источниках водоснабжения Бостона.

Сейчас интерес к искусственному дождю упал по сравнению с 1952 годом, когда инициаторы этого дела обязались по контракту оросить 15% всех земель Соединенных Штатов. Как бы там ни было, факт остается фактом: при определенных условиях, распыляя в облаках сухой лед и кристаллы йодистого серебра, можно вызвать дождь и снег. И все же, прежде чем мы получим хорошо контролируемые результаты, еще много нужно узнать о том, как в природе образуются атмосферные осадки. Йодистое серебро, например, можно использовать как для того, чтобы вызвать осадки, так и для того, чтобы помешать их выпадению. Опыты по рассеиванию облаков при помощи кристаллов йодистого серебра производились на западном побережье Норвегии. Цель этих экспериментов заключалась в том, чтобы задержать выпадение дождя до того времени, пока влагоносные ветры не достигнут гор, расположенных в глубине материка, где

дождь более необходим, особенно для действующих там гидроэлектростанций.

Но все эти операции не выходят пока за рамки эксперимента. Что случилось бы при попытке произвести изменения погоды (а, следовательно, и климата) в больших масштабах? Может быть, таким путем удалось бы установить контроль над ледниками? На этот счет предложено множество проектов, и будут еще и другие. Некоторые сравнительно небольшие сооружения действительно могли бы вызвать довольно значительные изменения в климате Земли.

Для получения электрической энергии инженеры предлагали воздвигнуть плотину поперек Гибралтарского пролива. Плотина, преградив доступ очень соленой воды из Средиземного моря, могла бы в конце концов уменьшить соленость воды в Атлантике. Высказывалось предположение, что благодаря этому туда не сможет проникать холодная вода из Арктики, что вызовет изменения в циркуляции воды и ветра. Эти изменения, в свою очередь, окажут воздействие на климат земного шара. Но, как писал океанограф Генри Стоммель, из этого проекта можно сделать два одинаково правдоподобных вывода: один — что мировой климат стал бы теплее, а другой — что холоднее.

Многие отстаивали идею, согласно которой, перегородив плотиной Берингов пролив, можно было бы подогреть Арктику. Но уже одно присутствие плотины, если принять точку зрения Юинга и Донна, сделало бы Арктику еще более обособленной и, таким образом, более холодной, чем сегодня; поэтому на аляскинском и сибирском побережьях Северного Ледовитого океана температура стала бы еще более низкой.

Советский инженер предложил установить у плотины насосы для откачки холодных вод Северного Ледовитого океана в Берингово море, полагая, что отвод холодной воды с одной стороны океана вызовет приток больших масс более теплой атлантической воды на другой стороне.* Согласно его теории, паковый лед и вечная мерзлота растаяли бы и обширные новые пространства стали бы доступными для сельского хозяйства. Очевидно, защитники этой теории не являются сторонниками теории Юинга и Донна. К тому же созданные в их воображении насосы должны иметь значительно бóльшие размеры, чем могут себе представить большинство людей, в том числе и конструкторы насосов. Р. А. Маккормик из Бюро погоды США высчитал, что для того, чтобы растопить лед в Северном Ледовитом океане, на откачивание воды потребовалось бы по крайней мере 100 лет. Но, как и в случае с Гибралтарской плотиной, никто

* Речь идет о проекте П. М. Борисова, изложенном в ряде статей, в том числе в статье «К проблеме коренного улучшения климата», напечатанной в «Известиях Всесоюзного географического общества», вып. 4, 1964.

по-настоящему не знает, какие результаты может повлечь за собой осуществление этих проектов.

Доктор Г. Векслер из Бюро погоды США высказал мысль, что уменьшение количества инфракрасной радиации, возвращающейся в пространство, могло бы способствовать повышению температуры атмосферы Земли. Достигнуть этого можно созданием огромного ледяного облака, которое уменьшило бы охлаждение поверхности Земли, как это бывает при ледяных туманах, образующихся при очень низкой температуре там, где есть источники влаги. Исходя из того, что мы живем в атомном веке, Векслер говорит: дешевле и эффективнее всего создать ледяное облако при помощи ядерной энергии. Представьте себе, что десять действительно «чистых» водородных бомб, по 10 мегатонн каждая, будут взорваны на оптимальной глубине в Северном Ледовитом океане и образуют пар, который хлынет в атмосферу, сгустится в водяные капли и замерзнет. Конечно, сбросить бомбы придется очень точно, чтобы ветер разнес ледяные кристаллы над всем Северным Ледовитым океаном, но не за его пределы. Масса ледяных частиц, взвешенных в атмосфере в течение долгого времени, будет весьма эффективным экраном для земного излучения. По мнению Векслера, если все произойдет, как задумано, арктический пак исчезнет раньше, чем через десять лет, но так же, как Юинг и Донн, он считает, что это вызовет усиленный рост ледников и возникновение новой ледниковой эпохи.

Для изменения климата предлагали также повысить температуру воды в Гудзоновом заливе атомными нагревателями. Сторонники этого проекта считают, что зимние арктические ветры, дующие над незамерзшими водами залива в южном направлении, станут теплее. Таким образом, климат в южной Канаде и в северных штатах значительно смягчится. Но кто может гарантировать, что случится именно так? В своей занимательной и поучительной книге «Наша американская погода» Джордж Г. Т. Кимбл пишет: «Предположив, что залив можно подогреть (между прочим, он в девять раз больше штата Алабама)*, посмотрим, что последует за этим. На одну возможность как-то мало обращали внимания. Вот она. Когда холодный воздух будет проходить на юг через открытые воды залива, он не только нагреется, но, кроме того, насытится большим количеством водяного пара, так как способность холодного сухого воздуха поглощать водяные пары быстро увеличивается с повышением температуры. (Так, воздух при 0° может содержать почти в два раза больше влаги, чем при -12° .) Достигнув высот к югу от залива, часть вновь приобретенной влаги выпадет

* Это преувеличение, так как площади Алабамы и Гудзонова залива составляют соответственно 134 000 и 820 000 кв. км, т. е. относятся как 1 : 6.

в виде снега — ибо даже сверхоптимист не считает, что можно подогреть весь залив до такой степени, чтобы все зимние осадки выпадали в виде дождя. Если бы количество выпадающего снега увеличилось, скажем, на 50—75 см, тогда, как можно предположить, ежегодные его накопления будут больше, чем ежегодные потери от таяния и испарения. Случись это, новая ледниковая эпоха стала бы медленно, но верно развиваться, а это самое последнее, что защитники этого предложения имели в виду. В общем, есть доводы за то, чтобы особенно не наводить порядок в погоде».

Эту цитату я привел, чтобы подчеркнуть, насколько чувствительным может быть равновесие между миром, покрытым льдом, и свободным от него.

Нет, сомнения, что в ближайшие десятилетия ученые добьются большого прогресса в исследованиях, связанных с изменениями погоды, по крайней мере в местных масштабах. Будет найден способ, как уменьшить вред от засухи, заставив осадки выпадать в нужном месте и в нужном количестве. Отойдет в прошлое проблема защиты цитрусовых растений от мороза. Вероятно, даже найдут способ ослабить силу ураганов и тайфунов или направить их по другим путям, где они не будут приносить таких разрушений.

Но что можно предсказать, когда речь заходит о планетарных массах льда? Может быть, мы научимся контролировать климат, чтобы удерживать лед там, где он находится сейчас. Некоторые предпочли бы, чтобы лед был уничтожен совсем, но многих других это поставило бы перед неразрешимой проблемой водоснабжения. И до тех пор, пока мы не сможем понижать горы, роду человеческому придется изредка перемещаться под натиском Мира льда.

О Г Л А В Л Е Н И Е

От редактора	3
Введение	5
Г л а в а 1	
Снеговые линии и ледники	9
В царстве вечных снегов	13
Перипетии снеговой линии	14
Нетронутые владения снега	21
Г л а в а 2	
Рождение ледника	22
Как классифицируют ледники?	26
Г л а в а 3	
Ледники в движении	29
Как движется ледник?	35
Г л а в а 4	
Лицо Земли создано льдом	38
Г л а в а 5	
Горные ледники есть почти везде	50
Есть много и других ледников	54
Г л а в а 6	
Ледники и альпинисты	56
Альпинисты с удовольствием пользуются самолетами	62
Г л а в а 7	
Откуда берется вода?	65
Там, где слишком много воды	67
Наводнения в далеком прошлом	72
Г л а в а 8	
Ледниковый период в полном расцвете	74
Большие ледниковые покровы	—
Трещины	79
Каков возраст льда?	80
Какова толщина льда?	85
Г л а в а 9	
Льды ломают хребет континента	89
Что лежит подо льдом?	90
Будет ли Антарктида заселена?	93

Г л а в а 10	
Льды моря	96
Полярные паковые льды	—
Антарктика	104
Г л а в а 11	
Ледяные корабли Арктики	107
Освоение	109
Куда держат путь блуждающие острова?	112
Откуда появляются ледяные острова?	114
Г л а в а 12	
Жизнь на льду	117
Г л а в а 13	
Лед под землей	124
Г л а в а 14	
Лед и наш меняющийся климат	143
Г л а в а 15	
Летопись ведет природа	160
Что было до неотермального времени?	181
Снова изотопы кислорода	187
Г л а в а 16	
Ледниковый покров создает новый мир	190
Друмлиновый ландшафт	200
Куда ни кинь взор — всюду озера	202
Суша появляется снова	207
Моря приходят и уходят	212
Г л а в а 17	
Что станет с Миром льда?	217

Джеймс Линдсей Дайсон

В МИРЕ ЛЬДА

Редактор Л. А. Зельманова
Худ. редактор Ю. Н. Шаромов
Обложка художника А. А. Ежова
Технич. редактор Г. С. Николаева
Корректоры: А. И. Вайцмани и А. Б. Котиковская

Сдано в набор 3/XII 1965 г.	Подписано к печати 17/III 1966 г.	Бумага 60×90 ¹ / ₁₆ .
Бум. л. 7,25+вкл.	Печ. л. 16,5	Уч.-изд. л. 16,91
	Индекс ПЛ-31	Тираж 25 000 экз.
	Заказ № 662.	Цена 1 руб. 06 коп.

Гидрометеорологическое издательство. Ленинград, В-53, 2-я линия, 23.

Ленинградская типография № 8 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР
Ленинград, Прачечный пер., 6

Сканирование - Беспалов, Николаева
DjVu-кодирование - Беспалов



1 р. 06 к.

ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ • ЛЕНИНГРАД • 1966

ДЖЕЙМС Л. ДАЙСОН

В МИРЕ ЛЬДА

ДЖЕЙМС Л. ДАЙСОН



В МИРЕ ЛЬДА